

A talajművelő gépek feladatai, lehetőségei és műszaki megoldásai a számítógéppel támogatott mezőgazdaságban (CAF).

OTKA Nyilvántartási szám: T 043355

1. Bevezetés

A precíziós mezőgazdasági technológiák hatalmas fejlődésen mentek át az elmúlt évtizedben, de a konkrét, a termelők számára „megfogható” eredmények elmaradtak a várakozástól. Különösen érvényes ez a megállapítás a talajművelésre, ahol sem a talaj művelhetőségi térképe, sem a real-time reakciókra képes munkagépek nem állnak rendelkezésre, sőt számos esetben még az alapinformációk sem ismeretesek.

Mindezek alapján a precíziós talajművelés műszaki feltételrendszerének kutatását négy területre célszerű összpontosítani:

1. A talajállapot (elsősorban a művelhetőségi kritériumok) meghatározására és ellenőrzésre alkalmas módszerek és műszerek megalkotása, kiválasztása.
2. A munkaminőségi mutatók real-time mérésére, értékelésére alkalmas módszerek, érzékelők megalkotása, kiválasztása.
3. A talajművelő gépek (művelőelemek) beállítási – működési paramétereinek működés közbeni (on the go) ellenőrzésére, szabályozására alkalmas megoldások kifejlesztése, kiválasztása.
4. A traktoros munkagépcsoport fedélzeti info-központjának működéséhez szükséges munkagép oldali interfész elemek kialakítása, kiválasztása.

A modell négy alrendszere egymástól eltérő módszerek alkalmazását igényli. Természetesen a jelen kutatási program nem tette lehetővé, minden egyes részterület párhuzamos és minden részletre kiterjedő művelését. Az irodalom figyelését és feldolgozását a precíziós talajművelés teljes rendszerére vonatkozóan végeztük. A szántóföldi méréseket a gödöllői FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet műszer bázisára alapozva hajtottuk végre.. A program egyes fejezeteinek kidolgozásánál együttműködtünk a hazai talajművelőgépgyártásban és fejlesztésben élenjáró cégekkel (KÜHNE Rt, AGRIKON Kft, Seed-Imex Kft).

2. Módszer és eszköz

2.1. A digitális talajellenállás-térkép készítés módszerei és eszközei

2.1.1 A talaj-elektromos vezetőképesség és a horizontális talajellenállás összefüggéseinek vizsgálata

A talaj elektromos vezetőképesség mérésére a Veris 3100 típusú mérőműszert használtuk, a mérési pontok globális koordinátáit a Trimble AgGPS rendszerével határoztuk meg. Azért, hogy a vezetőképesség értékeket a különböző talajjellemzőkhöz tudjuk kötni, az elektromos vezetőképesség méréssel párhuzamosan, TDR-300 (2.1.ábra) típusú műszerrel talajnedvesség, valamint Eijkelkamp Penetrologger (2.2.ábra) műszerrel talajba hatolási ellenállás- méréseket is végeztünk. A talaj humusztartalmának ill. pH értékének meghatározása céljából az Eijkelkamp bolygatatlan mintavevővel (2.3.ábra) és hagyományos módon talajmintákat

vettünk. A talajmintákat a TAKI munkatársai elemezték. Minden mérés során a mérési pontok geo-koordinátáit is rögzítettük.



2.1.ábra
Mérés TDR-300
nedvességmérővel



2.2.ábra
Mérés Eijkelkamp
Penetrologgerrel



2.3.ábra
Bolygatatlan mintavétel

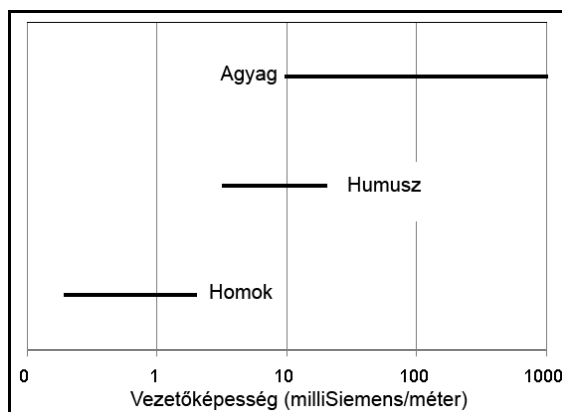
Talajtérképezés Veris 3100 mérőberendezéssel

A VERIS 3100 egy járművontatású, a talaj fajlagos elektromos vezetőképességét mérő rendszer. A mérőkocsi két keréken gördülő vázból és a főtartón elhelyezett három pár mérőcsoroszlyából, hidraulikus kiemelő egységből és adatgyűjtőből áll. Az adatgyűjtő csak DGPS jelet szolgáltató GPS rendszer jeleit képes fogadni.

A mérés során a műszer GPS segítségével meghatározza a mérési pontok geo-koordinátáit és az ezekhez tartozó mért értékeket az adatgyűjtő egység egy DIF kiterjesztésű szöveges fájlban dokumentálja. Ez formátumban, kompatibilis a térképészeti és táblázatkezelő programokkal, így az adatokból digitális térképek rajzolhatók, amelyek összehasonlíthatók és elemezhetők.

Az elektromos vezetőképesség és a talajtulajdonságok kapcsolata

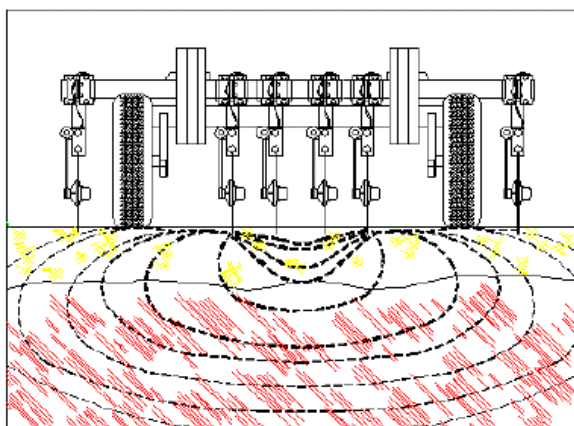
Szakirodalmi adatok alapján, nem szikes talajok esetében, a vezetőképességből következtetni lehet a talaj összetételére, így a homok, a humusz és az agyag relatív mennyiségére (2.4.ábra). Ez a lehetőség az előbb felsorolt összetevők azon tulajdonságának köszönhető, hogy a homoktalajoknak alacsony, a humuszos talajoknak közepes és az agyagtalajoknak pedig viszonylag magas a vezetőképessége (1). Emellett az elektromos vezetőképesség összefüggésben van a rögmérettel (2), valamint a szervesanyag tartalommal is (3).



2.4. ábra. A talajfajták vezetőképessége

A mérés menete

A mérés során a VERIS mérőkocsit a mért területen kell végigvontatni miközben egy pár csoroszlyaelektrod ismert nagyságú feszültséget vezet a talajba. A többi csoroszlyaelektroda párok mérik a feszültségesést. Közismert fizikai elvekből következően a két középső elektróda közötti feszültségméréssel 30 cm-ig (sekély réteg), míg a szélső elektródák közötti méréssel 80cm mélységig (mély réteg) határozható meg a talaj elektromos vezetőképessége (2.5. ábra).



2.5. ábra A mérés elve.

Terepjárával való vontatás esetén a csoroszlyákat hidraulikus úton lehet a talajba süllyeszteni a saját 12 V-os adapter segítségével.

A mérés során a GPS rendszerben rögzítettük azt a nyomvonalat amelyen a műszerrel végighaladtunk, hogy a későbbi horizontális talajellenállás mérés során ugyanazon a nyomvonalon legyen lehetőségünk végighaladni. Az egyenes haladás biztosítására a GPS

rendszer sorvezető kijelzőjét használtuk. A mérés során az egyes fogások távolságát a kultivátor munkaszélességéhez igazítva 2,8m-re választottuk meg. Haladási irányban a mérési pontok 3-4m távolságban, a pillanatnyi sebességtől függően helyezkednek el.

A mérőeszköz vontatását a MTZ-82-es traktorral végeztük (2.6.ábra). A korábbi kedvező tapasztalatok alapján a csoroszlyák süllyesztését és emelését a traktor hidraulika rendszerére kötöttük.

A mérést szecskázott szalmával borított gabonatarlón végeztük. A viszonylag sok szármagadvány, és a talaj kötöttsége miatt a mérőberendezést pótsúlyoznunk kellett, hogy a csoroszlyák megfelelő talajba hatolása biztosítva legyen.



2.6.ábra. Mérés pótsúlyozott Veris3100 mérőeszkővel gabonatarlón

A mérés során a teljes mérőrendszert a vontató traktorban helyeztük el. A GPS antennát a traktor tetejére szereltük fel, mivel a korábbi tapasztalatok alapján a Veris mérőeszközhöz szerelve bizonyos helyzetekben a traktorfülke árnyékolása zavarja az adatkommunikációt. Mivel az antenna nem pontosan a mérőberendezés felett helyezkedett el geometriai korrekciót állítottunk be, hogy a szolgáltatott adatok megfelelő pontossága biztosítva legyen.

A Veris mérőeszköz adatgyűjtője a mérés során kiszűri azokat az adatokat, amelyek GPS jel kimaradása, vagy a fordulók során a csoroszlyák kiemelésekor, hibás mérési adatokként jelentkeznek az adatsorban. Ez a funkció a későbbi adatelemzés során nagyban megkönnyíti az adatelőkészítést.

Talajtérképezés szántóföldi kultivátorral

A horizontális talajjellenállás meghatározásához a BUSA Bt. szántóföldi kultivátorának (4.ábra) vontatásához szükséges vonóerőt mértük a munkagép és a vontató traktor közé felszerelt Hottinger-Baldvin 10T típusú vonóerőmérővel. A mérési pontokat a rendszerbe kötött Trimble AgGPS rendszerrel határoztuk meg. A mérés során a mért vonóerő és GPS által meghatározott geo-koordinátákat Spider8 adatgyűjtő társította és továbbította a rendszerbe kapcsolt adatrögzítő notebookra, ahol a Catman 4.5 szoftverrel a mért adatokat .txt fájlba mentettük, amelyet a feldolgozáshoz használt GIS rendszer értelmezni tud. A mért adatokat GIS rendszerben feldolgozva megkapjuk az adott terület horizontális talajjellenállás térképét.

BUSA szántóföldi kultivátor adatai

Gyártó: BUSA Bt.

Megnevezés: Vontatott rendszerű szántóföldi kultivátor

Méretek:

hosszúság: 4800mm

szélesség: 3300mm

magasság: 1400mm

keretmagasság: 620mm

szabadmagasság: 420mm

Munkaszélesség: 3m

Művelőelem: csavarrugó feszítésű szárnyas kultivátor

kultivátor sorok száma: 3

osztása: 600mm

kultivátorkapák száma: 12db (soronként: 4-3-5)

kapatest szélessége: 270mm

kapák osztása soronként: 750/980/450mm

Elmunkálóelem: forgóborona

forgóborona sorok száma: 2

osztása: 440mm

boronák száma soronként: 4/4db

boronatagok osztása: 410mm

átmérője: 400mm

küllők száma: 9

Szállítókerekek száma: 2db

mérete: 10/75-15.3

Mélységhatároló kerekek száma: 2db

mérete: 10/75-15.3

A mérés menete

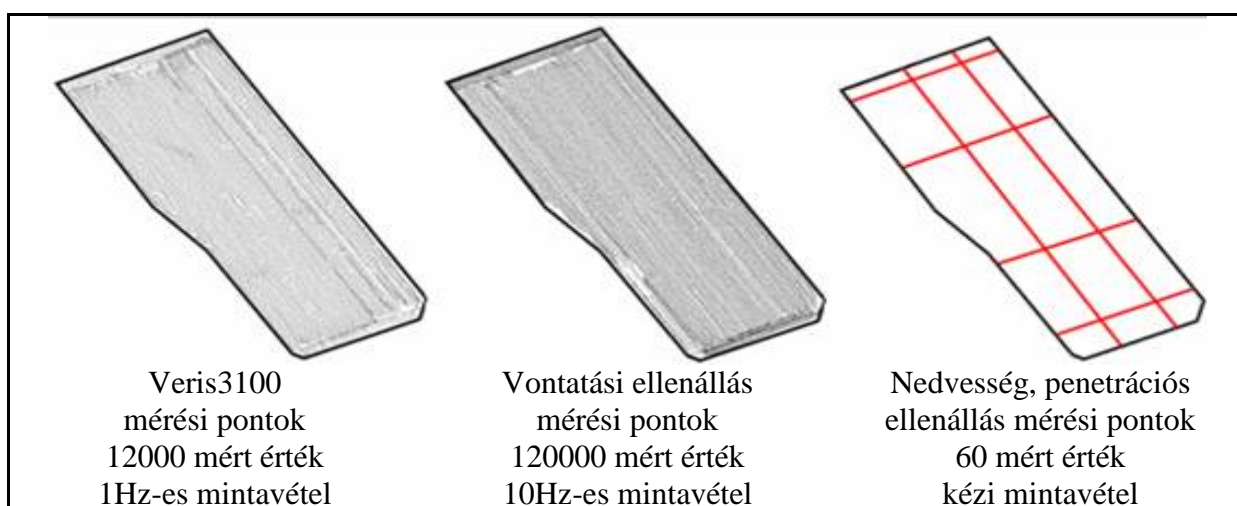
A mérés során a kultivátort a mért területen úgy vontattuk végig, hogy a fogások nyomvonala lehetőség szerint megegyezzen a korábbi Veris3100-zal meghatározott nyomvonallal. Vontató gépnek az Intézet MTZ-82 típusú traktorát használtuk, mivel ez már rendelkezik az adatgyűjtő és egyéb műszerek megfelelő rögzítését biztosító mérődobozzal. A traktorban, tekintettel a mérőrendszer nagy műszerigényére, csak a rendszer vonóerő adatok mérésére és továbbítására alkalmas részét helyeztük el. Ennek értelmében a traktor és a munkagép közé felszerelt vonóerőmérő által szolgáltatott mérőjelet a mérődobozban elhelyezett egysaternás vezeték nélküli adattovábbító jutatta el a traktor mellett haladó mérőkocsiba, amelyben a rendszer többi elemét helyeztük el.

A mérési pontok globális koordinátáinak meghatározására szolgáló GPS rendszer jeleit az egysaternás adattovábbítóval nem volt lehetőségünk átjátszani a mérőkocsiba, így azt a mérőkocsiban szereltük fel. A GPS antennát a mérőkocsin konzolosan helyeztük el, így a vontató mellett haladva az antennát a kultivátor felett kellett vezetnünk a pontos helymeghatározáshoz.



2.7.ábra. Horizontális talajellenállás mérés

A GPS-ből, valamint az adattovábbítón keresztül a vonóerőmérőből érkező jeleket a mérőkocsiban elhelyezett adatgyűjtő társította és továbbította RS232 porton keresztül az adatrögzítést végző notebookra.



2.8.ábra Mérési pontok sűrűsége és elhelyezkedése

A későbbi adatfeldolgozást nehezítette, hogy az adatrögzítés a mérés során a fordulóknak is folyamatos volt. Emiatt az adatsorba hibás mérési adatok kerültek, amelyeket a későbbi adatfeldolgozás során kellett kiszűrni. További nehézséget okozott az adatfeldolgozás, hogy a mérést 10Hz-es mintavétellel végeztük és a GPS csak 1Hz sebességgel tud koordináta adatot szolgáltatni. Emiatt minden egyes koordináta adathoz tíz vonóerő adat tartozott. Az adatmennyiség csökkentésére ezeket az adatokat a feldolgozás során átlagolva vettük figyelembe.

2.1.2 A talaj-elektromos vezetőképessége és a termés hozam közötti összefüggések vizsgálata.

A kutatási program keretében a talaj-elektromos vezetőképessége és a betakarítás során a CLAAS MEGA 208-as kombájnra felszerelt hozamtérképező rendszer által felvett hozam adatok közötti összefüggéseket vizsgáltuk. A mérések során rögzítettük a mérési pontok GPS koordinátáit is. Ezek alapján elkészítettük a vizsgált jellemzők tematikus térképét, mely alapján következtetni tudtunk a mért értékek összefüggéseire.

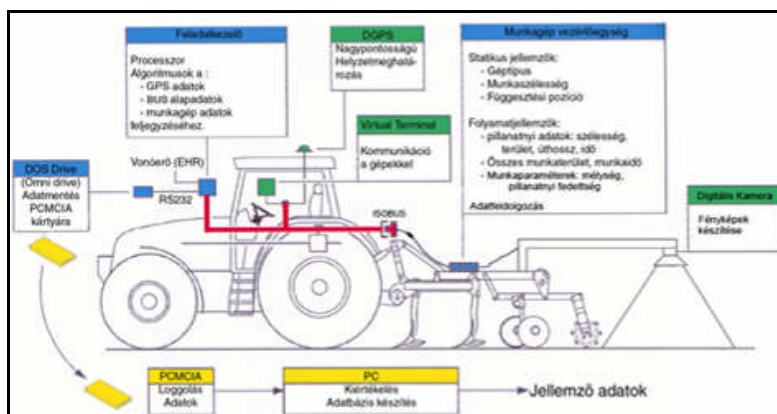
Az idei év kutatásainak célja a talaj-elektromos vezetőképesség és a betakarításkor felvehető hozamtérképek összefüggéseinek vizsgálata a gyakorlatban jól használható talaj-állapotterképek megalkotásának megfelelő elméleti megalapozásához.

Az elektromos vezetőképesség mérésére Veris 3100 típusú mérőeszközt, a mérési pontok globális koordinátáinak meghatározására Trimble AgGPS rendszert használtunk. A gabona terméshozam meghatározását a betakarítás során a CLAAS MEGA 208-as kombájnra felszerelt AGROCOM rendszerű hozamtérképező rendszer biztosította

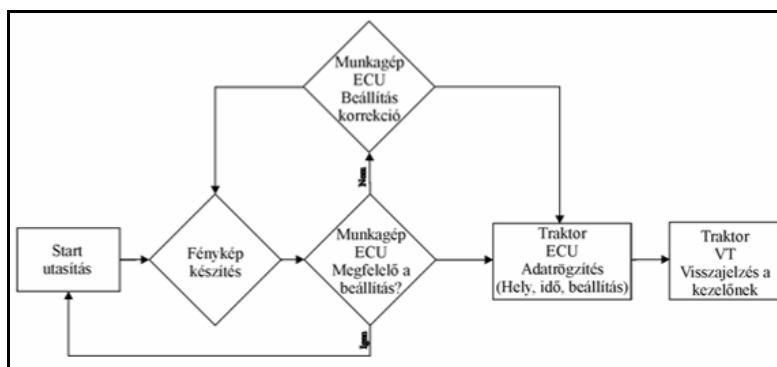
A méréssorozat első részeként a gabona aratás során mértük a már említett AGROCOM rendszerrel a terméshozamot. A mért adatokat nem az AGROCOM saját rendszerében, hanem ARCGIS rendszerben dolgoztuk fel. Ehhez az adatokat átfordítottuk az ARCGIS számára is értelmezhető „.txt” formátumba. A kompatibilissé tett adatokat a feldolgozás során tematikus térképek formájában ábrázoltuk.

2.2. A talajfelszínen lévő növényi maradványok mennyiségének meghatározása

Az eljárás kidolgozásához alapfeltevésünk az volt, hogy a mai digitális technikákkal lehetőség nyílik digitális képelemzéssel a növényi maradványokkal borított terület százalékos meghatározására. Erre számtalan lehetőség kínálkozik.



2.9.ábra Digitális kamerával felszerelt traktor-munkagép rendszer



2.10.ábra Digitális kamerával felszerelt traktor-munkagép rendszer működési algoritmus

Egyik megoldás, amikor az eddig használt analóg technikákat digitalizáljuk. Vagyis az eljárásból úgy vonjuk ki a leglassabb elemet, vagyis az emberi tényezőt, hogy a számítógépet megtaníttuk ezekre a módszerekre. Az ismert analóg eljárások mindegyike, kivéve az abszolút szubjektíveket, mint például a becsléses, azonos elven alapszik. Valamely szisztéma szerint

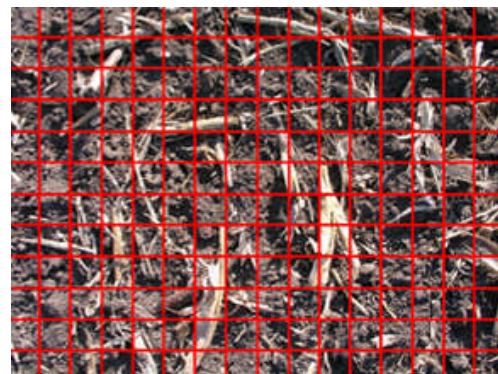
meg kell vizsgálni, hogy a mért parcella egyes pontjain, illetve kisebb térrészein fedett-e a talaj, majd ezek alapján egy statisztikai valószínűséget szükséges felállítani arra vonatkozóan, hogy a mért adatok alapján mekkora fedettség valószínűsíthető.

A mérőrácsos eljárásnál a vizsgált területet kisebb térrészekre bontjuk és ezek fedettsége alapján állítunk fel egy statisztikát, majd ebből egy fedettség értéket, a mérőhuzalos eljárásnál, amely nagyobb mintaterület alapján állapít meg fedettséget, a huzalon lévő diszkrét pontok, vagyis a huzalra kötött csomók helyein vizsgáljuk meg a fedettséget. Alapvetően itt is kis térrészek fedettségét vizsgáljuk, mivel a szigorúan vett pontszerűség szántóföldi körülmények között ilyen értelemben nem definiálható.

Ezen a módszereket szeretnénk később adaptálni és digitálisan alkalmazni. Ennek lehetősége adott, ugyanis az analóg eljárások mérőeszközei, mint például a mérőhuzal, vagy a mérőrács matematikailag jól leírható eszközök. A digitális eljárás során ezért a vizsgált térrészek definiálása nem okoz problémát.



a.) mérőhuzalos eljárás



b.) mérőrácsos eljárás

2.11.ábra Analóg növényi maradvány meghatározási módszerek digitális változatai

Az analóg eljárások adaptációjával egyes, valamely szisztematika alapján kiválasztott térrészeket kell vizsgálnunk. A digitális megoldás továbbfejlesztésével, megvizsgálhatjuk a teljes tartományt, vagyis minden pixelt.

Az eljárások adaptálhatóságának nehézségét és az eljárás kidolgozásának teljes problematikáját annak megállapítása okozza, hogy a vizsgált térrészek, vagyis digitális értelemben a vizsgált pixelcsoport szármaradvánnyal fedettnek tekinthető-e vagy sem. Emiatt a kutatást először azon algoritmusok megalkotásával kell kezdeni, amelyek lehetővé teszik a fedett-fedetlen területek meghatározását. A későbbiekben az eljárás pontos kalibrálásához, illetve az analóg eljárásokhoz igazításhoz szükséges lehet az előbbieken leírt módon a korábbi eljárások digitális adaptációja, amelyeket a megfelelő algoritmusok kifejlesztése után már elhagyhatunk.

A talaj és a szármaradványok szeparálását a szín, illetve a tónuskülönbség figyelembe vételével szeretnénk meghatározni. Az eljárásnál az egyes pixeleket kell megvizsgálunk és a szín alapján megadnunk, hogy az adott képpont a talaj, vagy a szármaradványnak megadott tartományba esik-e. Ehhez szükséges ezen tartományok, illetve a változások számszerűsítése. Ennél az eljárásnál hibákat generálhatnak a szármaradványoktól nem jelentősen eltérő színű talajrészek, továbbá a szármaradványok által vetett árnyék. Hátránya, hogy az analízishez szinte biztosan szükséges a talaj és szármaradványok szín- és intenzitás tartományának kalibrálása. Előnye viszont, hogy a szármaradványok kontúrjai jól elkülönülnek a lehetséges nagy intenzitáskülönbségek miatt.

Mivel a digitális kép egy a pixelméretnek (képpont méretnek) megfelelő méretű mátrixként fogható fel, amelyben a mátrixcellák az adott képpontnak megfelelő

színinformációt tartalmazzák, az előállítandó algoritmusokat olyan szoftveres környezetben kell megalkotni, amely alkalmas arra, hogy a képpontokat ne színinformációként, hanem numerikus elemekként kezelje.

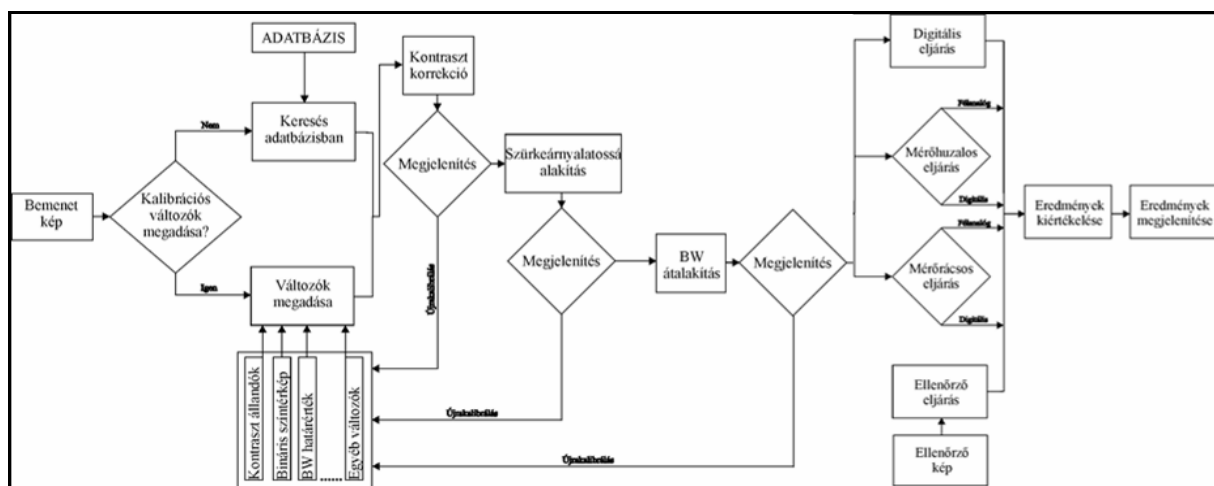
Az elemző algoritmus

Az általunk írt program lehetővé teszi a szántóföldi felvételek alapján a talaj és a növényi maradványok, a talajművelési eljárások összehasonlításához szükséges mértékű elkülönítését.

A program elemző algoritmus először behív egy képet, majd ezen a beállítható paraméterek alapján egy kontrasztkorrekciót hajt végre. Erre azért van szükség, mert sok esetben a háttér, esetünkben a talaj, fényessége nem tér el jelentősen a növényi maradványok fényességétől, emellett a napszakok, vagyis a fényerősség változása miatt bekövetkező tónusváltozásokat is korrigálni kell. Alapvetően ez a korrekció határozza meg az elemzés pontosságát, ezért ennek pontos beállítása rendkívül fontos. A kontrasztkorrekciót a program úgy hajtja végre, hogy az általunk megadható egy, vagy több bemeneti, vagyis a vizsgált képet jellemző intenzitástartományt leképzi egy másik szintén általunk megadható egy vagy több intervallumra. A teljes tartományt nullától egyig értelmezzük, így az intervallumok megadásánál ebből a tartományból kell dolgozni. Ezzel a korrekcióval a növényi maradványok intenzitása jól elválasztható a háttértől.

A kontrasztkorrekció után megvizsgálja a képet és amennyiben az RGB, vagy CMYK színpaletta alapján épül fel, egy beépített algoritmus alapján szürkeárnyalatossá alakítja.

A szürkeárnyaltos képet ezután egy szintén megadható küszöbértékekkel bináris képpé konvertáljuk, így csak fekete és fehér pontokból álló képet kapunk. Az így kapott képeket maszkolással, strukturált elemekké alakítással, dilatációval, kitöltésekkel stb. kalibrálhatjuk. Mivel a bináris képen a fekete képpontok nulla, a fehér képpontok egy értékűek, a fedettség meghatározásához nem szükséges a fehér képpontok megszámloltatása, hanem egyszerűen a képpontok-értékek átlagának százszorosa adja meg a fedettség mértékét területszázalékban.



2.12. ábra Az elemző algoritmus

A program többféle bemeneti adattal dolgozik. Indítása után meg kell adni azt a szöveges fájlt, amely soronként tartalmazza a vizsgálandó képek fájlneveit. A listafájl megadása után szükség van az intenzitásszint és a kontrasztkorrekció adatok megadására is.

A digitális eljárás kidolgozásakor a feladat egyik nagyon fontos részét képezi az eljárás kalibrálása az eddig használt analóg technikákhoz. A számítógép mindennél pontosabban és gyorsabban meg tudja határozni a képpontok mennyiségét, színét, így a fedett

terület nagyságát is, de ehhez szükség van arra, hogy megadjuk a gép mit tekintsen lefedett területnek. Ennek meghatározásához pedig szükség van annak leírására, hogy az eddig használt analóg eljárásokban az emberi szem mit tekintett fedettnek.

A jelenlegi algoritmust a bemeneti paraméterekkel lehet kalibrálni. Ez az eljárás alkalmas arra, hogy megfelelő kalibrálás esetén az azonos körülmények között készített szántóföldi felvételeket megfelelő pontossággal kiértékelje. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az azonos napszakban, azonos táblán készített felvételek egyszeri kalibrálással kiértékelhetők. Így az eljárás a szántóföldi mérések alatt viszonylag lassan használható. Utólagos értékelés esetén laboratóriumi körülmények között viszont jól alkalmazható. Az eljárás alkalmasságának ellenőrzéséhez szántóföldi vizsgálatok elvégzésére is szükség volt.

2.3. A talaj CO_2 kibocsátásának vizsgálati módszerei

Az első szén-dioxid kibocsátási vizsgálatokat az INNOVA 1312 Photoacoustic Multi-gas Monitorral végeztük. Az emisszió számítási megoldások közül - az egységnyi felületen időegység alatt termelődő gáz koncentrációjának meghatározásához - a gáz kumulálásának, gyűjtésének módszerét alkalmaztuk. A mérés lényege, hogy zárt térben, különböző időpontokban határozzuk meg a gáz koncentrációját majd a letakart felület és a térfogat ismeretében, ebből számítjuk a gázemissziót.

A mérőpontokat ill. mérési helyeket a kísérleti parcellákon úgy helyeztük el, hogy az a lehető legpontosabban tükrözze az egyes megművelt talajfelszín jellemzőket és az ott uralkodó légállapotot. A kapott értékeket átlagoltuk és adatkezelő szoftver segítségével számítógépen dolgoztuk fel az adatokat. A különböző műveletek hatásának megállapítása érdekében a mért értékeket összehasonlítottuk a műveletlen terület természetes emissziójával. Az így kapott adatokat neveztük referencia értéknek.

A méréshez a talaj felszínét adott térfogatú edénnyel letakartuk, és az így összegyűjtött szén-dioxidot vezettük a mérőműszerhez. A kibocsátott gázok felfogására PE edényeket használtunk. A mintavétel műveletenként véletlenszerű helyeken történt.

A mérések kiértékelése alapján megnöveltük a mintavevő edény térfogatát (8 lit), majd a költségek csökkentése céljából beszereztünk egy önállóan használható, hordozható műszert. A TESTO 535 típusjelű CO_2 mérő műszert Fenyőharaszton a Józsefmajori Tangazdaságban beállított talajművelési tartamkísérletben az INNOVA 1312 Multi-gas monitorral hitelesítettük.(2.13-2.14. ábra)

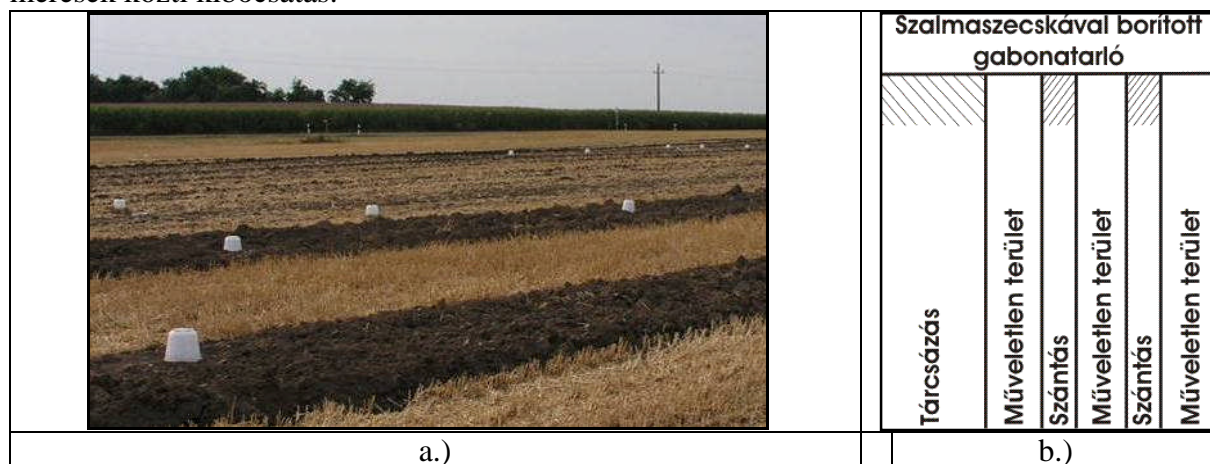


2.13. ábra: TESTO 535 műszer és mintavevő edény



2.14. ábra: INNOVA 1312 Multi Gas Monitor

Az első mérés sorozatok időtartama rövid (max. 5óra) volt. Tapasztalataink alapján feltételeztük, hogy az alkalmazott módszer, amely során a mérőedényeket a mérés végéig nem ürítjük, az esetleges telítődés miatt nem alkalmas a megbízható adatokat adó, hosszú időtartamú (30 óra) mérések elvégzésére. Ezért a hosszú időtartamú mérések során (2.15.ábra) a mérőedényeket minden mérés után ürítettük. A méréssorozatok közben mértük a környezeti levegő CO₂ szintjét is. Ez alapján az ürített edényeknél is pontosan nyomon követhető a mérések közti kibocsátás.



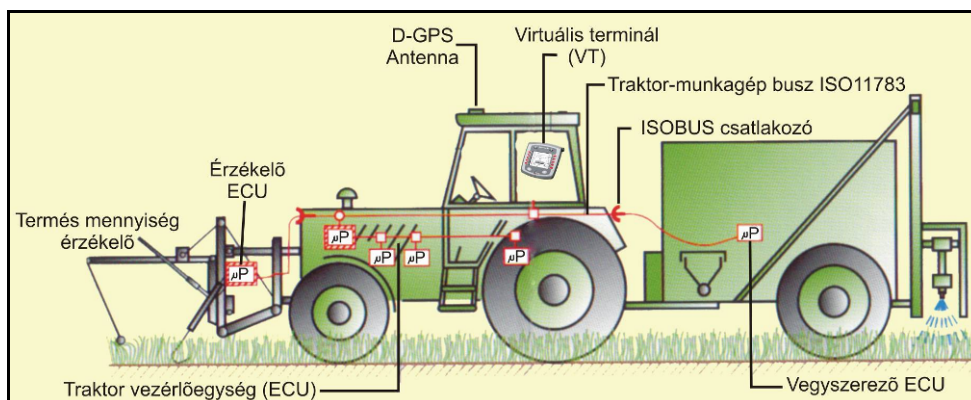
2.15.ábra

- a.) A mintavevő edények elhelyezése
b.) A hosszú időtartamú mérés vázlata

Mivel két műszerrel dolgoztunk, elvégeztük a műszerek összehasonlító kalibrációját. Ez alapján megállapítottuk, hogy a két műszer eltérése egymáshoz képest a gyárilag megadott +/- 5%-os hibahatáron belül volt.

2.4. A traktor-munkagép kommunikációs rendszer

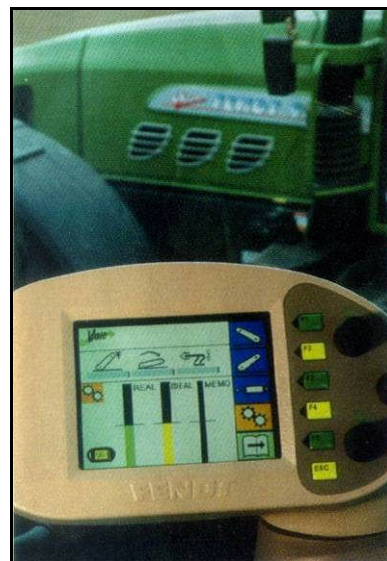
Az ISOBUS rendszer (ISO 11783 szabvány) -a kezelőfelületeket és a gépeket összekötő kommunikációs hálózat- tulajdonképpen egy olyan kezelő- és ellenőrzőfelület, amelyen mind az erőgép, mind a munkagép munkajellemzői beállíthatók és figyelemmel kísérhetők. Ez csak úgy valósítható meg, ha a traktor számítógépes diagnosztikai és szabályzó rendszerét úgy alakítják ki, hogy a munkagépek kapcsolódni tudjanak ehhez és a traktor monitorja a munkagépmonitorként is tudjon működni.



2.16.ábra Az ISOBUS rendszer felépítése

A kezelőfelület

A rendszer kezelőfelülete a virtuális terminál (VT), ugyanúgy kezeli a munkagépeket, mintha mindegyiknek saját kezelőfelülete és ellenőrzőmonitora lenne. Egy gombnyomással a felhasználó választhatja ki azt a részfelületet a VT-n belül, amelyet vezérelni akar, mintha a munkagép saját terminálját és kezelőszerveit alkalmazná. A munkagép-vezérlő (ECU) tartalmazza az adott gép felhasználói felületeit. Amikor a munkagépet összekapcsoljuk az erőgéppel, ez elküldi a munkagépkezelő felületet tartalmazó adatsomagot, vagyis a felületi maszkot a virtuális terminálnak (VT). Ez a felületi maszk tartalmazza a munkagép saját beállítási értékeit és adatait is. Ebben a rendszerben tehát a munkagépnek nincs külön terminálja, hanem az egy része a VT-nek, amellyel visszajelezhetők és kontrollálhatók mind a traktor, mind a munkagép funkciói. Mivel a szabványosítás kiterjed a különböző gyártók munkagépeire, a felhasználó mindent egy helyen vezérelhet egységes utasításkészlettel és műveleti logikával. Nem számít, milyen típusú munkagép kerül csatolásra.



2.17. ábra Fendt LBS+ terminál

A műveletek elosztása

A rendszer másik meghatározó egysége a feladatvezérlő egység. Ez az egység fogadja a különböző munkagépek beállítási adatait és ezek alapján a VT-n megalkotja a munkagéphez tartozó saját terminált, funkciógombokat és utasításkészletet. Például elkészítjük otthoni számítógépünkön a másnapi becsült műveleti térképet, amelyet átvisszük a feladatvezérlőbe, amely a GPS és a térképadatok alapján elkészíti a műtrágyaszóró utasításait az optimális munkaparaméterek biztosításához.

3. A vizsgálatok körülményei

3.1. A digitális talajjellenállás-térkép készítés körülményei

Helyszín: Róna Kft. Szabadszállás

Időpont: 2005.08.11-12

Terület: síkfekvésű, középkötött homokos vályogtalaj

Időjárás: száraz, napos

Hőmérséklet: 30°C

Mérőeszközök:

- Veris 3100 talaj elektromos vezetőképesség mérő
- BUSA szántóföldi kultivátor
- Hottinger-Baldvin 10T vonóerőmérő
- TDR-300 nedvességmérő
- Eijkelkamp Penetrologger
- Eijkelkamp bolygatatlan mintavevő

Vizsgált jellemzők:

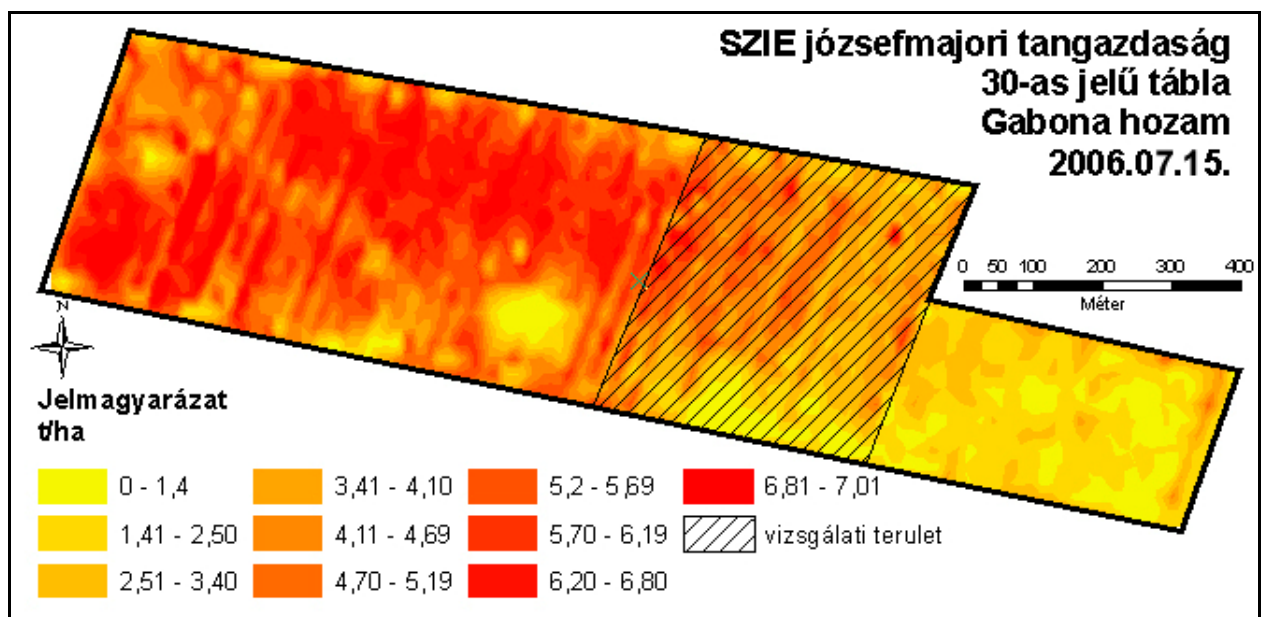
- elektromos vezetőképesség,
- vonóerőből származtatott horizontális talajellenállás,
- vertikális penetrációs ellenállás,
- talajnedvesség térfogatszázalékban,
- talajnedvesség térfogatszázalékban.

Helyszín: a Szent István Egyetem józsefmajori tangazdasága

Időpont: 2006. 07.15-25.

Vizsgálati terület: gabona tarló (49,2 ha)

Vizsgálati parcella: 11,5 ha (az ábrán ferdén srafozva)



3.1.ábra A terület hozamtérképe és a kijelölt vizsgálati terület elhelyezkedése

A vizsgálati terület kiválasztásakor figyelembe vettük, hogy az adatfeldolgozás szempontjából az a kedvező, ha a kijelölt területen a hozam adatok viszonylag széles skálája található meg, mivel az elektromos vezetőképesség adatokkal így jobban összehasonlíthatóvá válnak.

3.2. A talajfedettség vizsgálata digitális módszerekkel

Az algoritmus ellenőrzéséhez az Enyingi Rt. Sári-pusztai területein búza- és kukoricaaratás utáni tarlólántáskor, illetve őszi alpműveléskor többféle munkagép munkája után vizsgáltuk a talajfedettséget (1. táblázat). A munkaműveletek előtt és után állványról digitális fényképeket készítettünk a talajról. A képeken a méret-kalibrációt egy, a háttértől jelentősen eltérő színű 60mm átmérőjű golyóval valósítottuk meg.

1.Táblázat: Talajfedettség vizsgálatok Enying Rt.

Időpont	Terület	Művelés
<i>Hántott tarló felszínének vizsgálata, referencia: gabonatarló</i>		
2003.07.15	síkfekvésű, közép kötött	1. Komondor mulcskultivátor (munkamélység: 15cm) 2. Rába IH 770 tárcsás borona + Güttler henger (mélység: 15cm)
2004.07.15	vályogtalajú gabonatarló	1. Kverneland BB 115 eke (munkamélység: 25-27cm) 2. Kuhn Optimator kompakt tárcsás borona (mélység: 10cm)
<i>Őszi alapterületi művelések felszínének vizsgálata, referencia: kukoricatarló</i>		
2003.09.23	síkfekvésű, közép kötött vályogtalajú	1. Rába IH 770 tárcsás borona + Güttler henger (mélység: 15cm) 2. Kverneland CLE lazító (munkamélység: 35cm) 3. Kverneland BB 115 eke (munkamélység: 25cm)
2003.10.16	kukoricatarló	1. Komondor mulcskultivátor (munkamélység: 15cm)

3.3. A talaj CO₂ kibocsátásának vizsgálata

A különböző talajművelési eljárások CO₂ kibocsátásra gyakorolt hatásának szántóföldi vizsgálatait az Enyingi Rt Sári-pusztai területén 2003.július- 2004.július között végeztük. Az Enyingi Rt Sári-pusztai területén végzett vizsgálatok körülményeit és a vizsgálatban résztvevő gépeket a következők szerint ismertetem.

Első mérés sorozat

Időpont: 2003.07.15

Terület: síkfekvésű, közép kötött vályogtalajú gabonatarló

Időjárás: száraz, napos

Hőmérséklet: 28°C

Művelés:

1. Referencia: gabonatarló
2. Középmélylazítás: Kverneland CLE lazító (munkamélység: 35cm)
3. Alapterületi művelés: Komondor mulcskultivátor (munkamélység: 15cm)
4. Tárcsázás: Rába IH 770 nehéz tárcsás borona + Güttler henger (munkamélység: 15cm)

Második mérés sorozat

Időpont: 2003.09.23

Terület: síkfekvésű, közép kötött vályogtalajú kukoricatarló

Időjárás: száraz, szeles

Hőmérséklet: 20°C

Művelés:

1. Referencia: kukoricatarló
2. Tárcsázás: Rába IH770 nehéz tárcsás borona+Güttler henger (munkamélység: 15cm)
3. Középmélylazítás: Kverneland CLE lazító (munkamélység: 35cm)
4. Szántás: Kverneland BB 115 eke (munkamélység: 25cm)

Harmadik mérés sorozat

Időpont: 2003.10.16

Terület: síkfekvésű, középkötött vályogtalajú kukoricatarló

Időjárás: száraz, szeles

Hőmérséklet: 10°C

Művelés:

1. Referencia mérés: kukoricatarló
2. Alapművelés: Komondor mulcskultivátor (munkamélység 15cm)

Negyedik mérés sorozat

Időpont: 2004.04.29

Terület: Ősszel alapművelt, síkfekvésű, középkötött vályogtalaj

Időjárás: száraz, szeles

Hőmérséklet: 23°C

Művelés:

Magágy készítés: Syncrogerm 6M magágykészítő géppel:

- Rába IH770 tárcsás borona + Güttler henger,
- Kverneland CLE lazító,
- Kverneland BB 115 eke,
- Komondor mulcskultivátor,

eszközökkel végzett őszi alapművelések után.

Ötödik mérés sorozat

Mérés kezdete: 2004.07.15 9:00

Mérés vége: 2004. 07.16 14:00

Terület: síkfekvésű, középkötött vályogtalajú gabonatarló

Időjárás: száraz, napos

Hőmérséklet: 24-34°C

Mérések gyakorisága:

0-4 óra	40 percenként
4-9 óra	60 percenként
9-15 óra	120 percenként
15-23 óra	240 percenként
23-29 óra	120 percenként

Művelés:

1. Referencia : szecskázott szalmával borított gabonatarló
2. Szántás: Kverneland BB 115 eke (munkamélység: 25-27cm)
3. Tárcsázás: Kuhn Optimator kompakt tárcsa (munkamélység: 8-10cm)

A vizsgált gépcsoportokat a következő ábrák szemléltetik:



3.2.ábra Rába IH770 tárcsás borona + Güttler henger



3.4.ábra Kverneland BB 115 eke



3.6.ábra Syncrogerm magágykészítő gép



3.3.ábra Kverneland CLE lazító



3.5.ábra Komondor mulcskultivátor



3.7.ábra Kuhn Optimator kompakt tárcsás borona

A traktor-munkagép kommunikációs rendszer

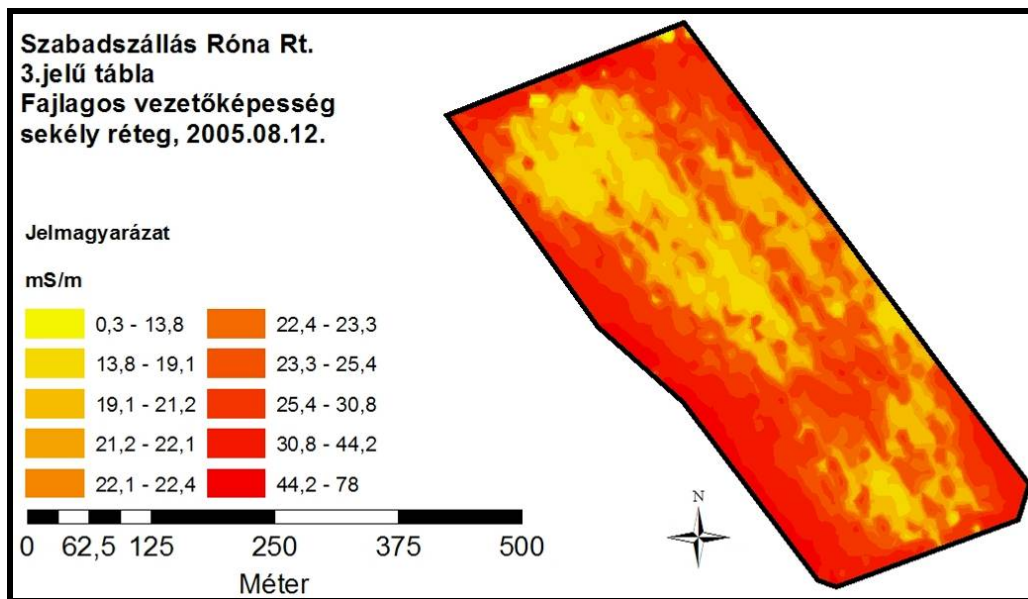
Az ISO 11783 szabvány munkagép fejezetének elkészítésében bekövetkező csúszás miatt az elemek fejlesztése is lelassult. Ezért a téma e fejezetében effektív mérés helyett a szabvánnyal kapcsolatos irodalmi adatok és néhány meglévő megoldás bemutatására szorítkozunk.

4. A vizsgálatok eredményei

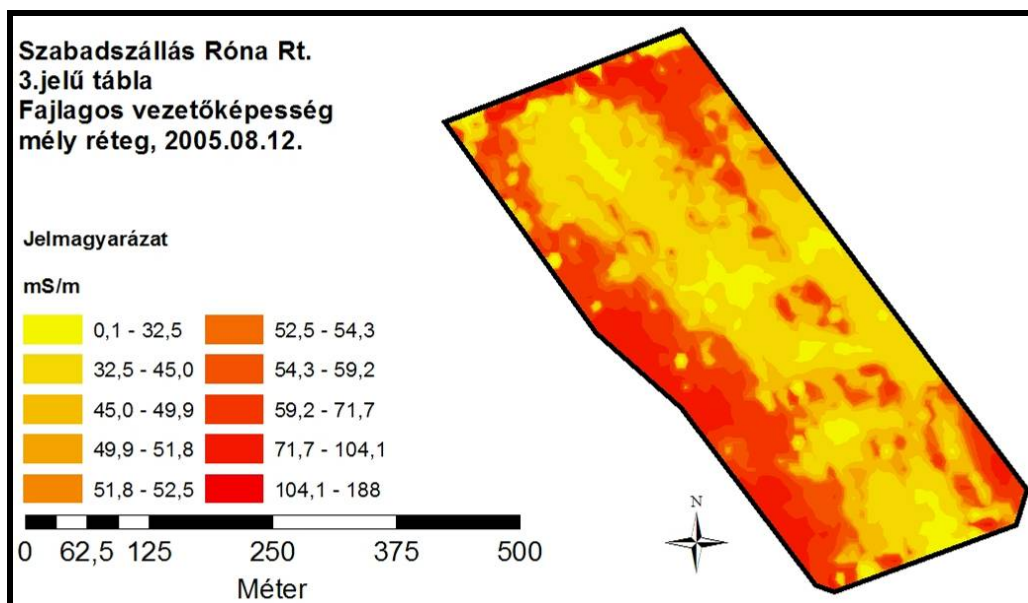
4.1. A digitális talajellenállás-térkép készítés eredményei

A talaj-elektromos vezetőképesség és a horizontális talajellenállás összefüggéseinek vizsgálata

A méréssorozat első részeként a gabonatarló talajának vezetőképességét vizsgáltuk a Veris 3100 mérőberendezéssel. A mért értékeket ARCGIS rendszerben dolgoztuk fel és tematikus térkép formában ábrázoltuk. A mért pontok a területen diszkrét pontokban helyezkednek el, de a szoftver lehetőséget ad a mért értékek interpolációval való kiterjesztésére a terület többi részére is. A következő ábrákon (4.1-4.1.ábrák) mutatjuk be a mért értékeket mS/m-ben. Az ábrákon sárga-vörös átmenet ábrázolja az elektromos vezetőképességet. Számszerűsítéshez a jelmagyarázat használható.

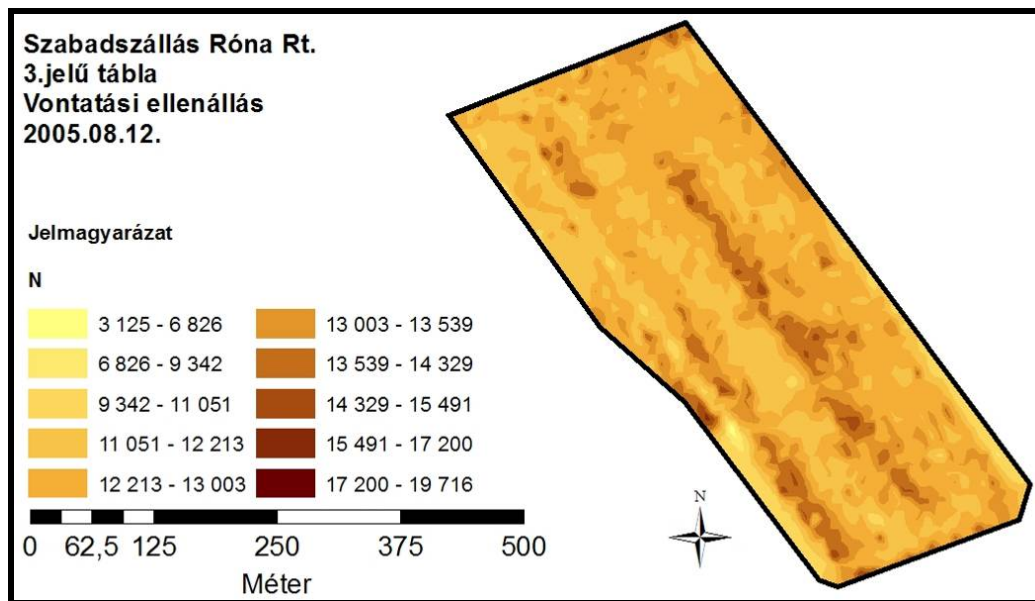


4.1.ábra. A vizsgált terület elektromos vezetőképesség térképe a sekély (0-30cm) rétegben



4.2.ábra. A vizsgált terület elektromos vezetőképesség térképe a mély (30-80) rétegben

A 4.3.ábrán mutatjuk be a kultivátor vonóerejének mérése alapján készített horizontális talajellenállás tematikus térképét. A vonóerő mérés eredményeit a talaj sekély rétegében meghatározott vezetőképesség adatokkal vetettük össze.

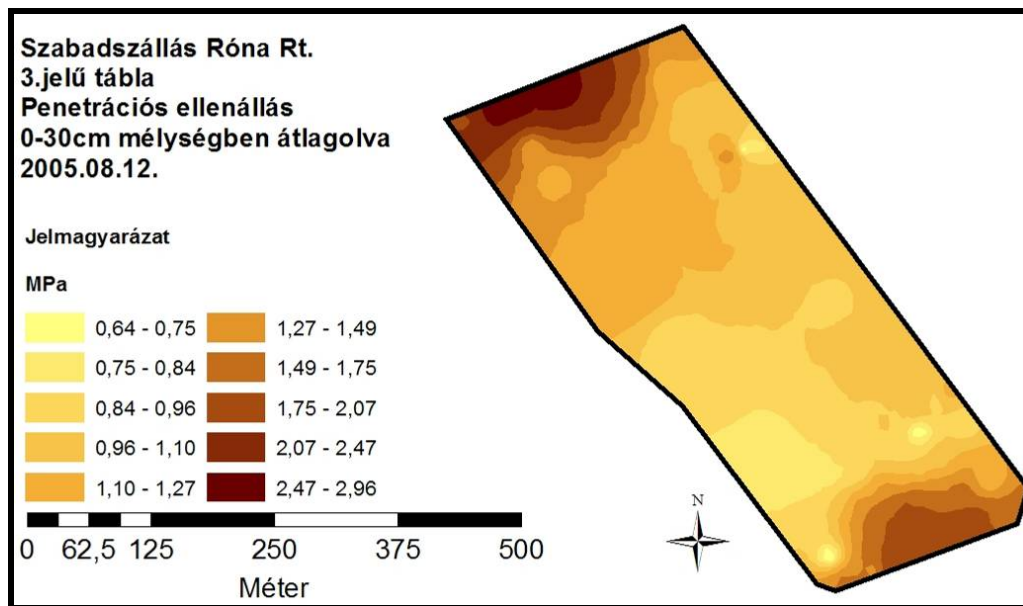


4.3.ábra. A vizsgált terület vontatási ellenállás térképe

A két térkép összehasonlítása alapján megállapítható, hogy nincs egyértelmű összefüggés a vontatási ellenállás és a talaj elektromos vezetőképessége között, de felfedezhetők olyan adatcsoportok, amelyek konzekvensen több helyen is hasonló módon függenek össze. Ez alapján következtetésünk, hogy a két mért érték között van valamilyen szintű korreláció, azonban ennek megismeréséhez valószínűleg szükséges egyéb jellemzők ismerete, amelyek ezen értékek egymáshoz való viszonyát nem konstans módon, hanem karakterisztika jellegűen befolyásolják.

A sekély rétegben mért elektromos vezetőképességet, valamint a vontatási ellenállást összevetettük a penetrációs ellenállás mérések adataival (4.4.ábra) is. Az összehasonlítást megnehezíti, hogy míg a Veris méréseknél adott térfogatú talajt mérünk, a vontatási ellenállásnál pedig vízszintes tengelyben vonalszerű eredményeket kapunk, a penetrációs ellenállásmérés függőleges tengelyben vonalszerű jellegű, így a mért értékek sem az elektromos vezetőképességhez, sem pedig a horizontális talajellenálláshoz nem hasonlók. Ennek ellenére nem kizárható, hogy az egyes jellemzők közötti összefüggései léteznek.

A penetrációs ellenállás mérések eredményei közül a kultivátor művelési mélységtartományában, vagyis a talaj felső 15cm-es rétegében mért értékeit átlagoltuk és ezeket vetettük össze a vontatási ellenállás mérések eredményeivel. Az elektromos vezetőképesség adatokat pedig a talaj 30cm mély rétegében mért penetrációs ellenállásadatok átlagolt értékeivel vetettük össze.



4.4..ábra. A vizsgált terület penetrációs ellenállás térképe a 0-30cm-es rétegben

Az összehasonlítást tovább nehezítette, hogy míg az előzőekben bemutatott mérések folyamatosnak tekinthetők és a kísérleti területen 15-20000 mérési pontból állnak, addig a penetrációs ellenállásméréseket időigényességük miatt 60 pontban tudtuk elvégezni és ezek interpolálásával határoztuk meg a táblatérképet. Emiatt az elemzés során a vizsgálatot szűkítettük a penetrációs ellenállás mérési pontjainak környezetére.

A penetrációs ellenállás és a vonóerő mérések közötti összefüggések vizsgálata megállapította, hogy a két talajjellemző között nem mutatható ki korreláció, a két érték egymástól függetlenül, sztochasztikus jelleggel változik.

A mért adatok elemzése alapján megállapítottuk továbbá, hogy a penetrációs ellenállás és a talaj sekély rétegében mért elektromos vezetőképesség adatok között felfedezhető korreláció. Azonban az elméleti összefüggés igazolásához szükség van további vizsgálatokra, ahol az eddigi mérések mellett vizsgálni kell a talaj szerkezetét is, figyelembe véve mind a kémiai, mind a fizikai tulajdonságokat.

A vizsgálatok során összehasonlítottuk a talaj mély rétegében mért vezetőképességet, valamint az ebben a rétegben mért penetrációs ellenállás átlagértékeit is és megállapítottuk, hogy a sekély réteg eredményeihez hasonlóan itt is található összefüggés a mért értékek között.

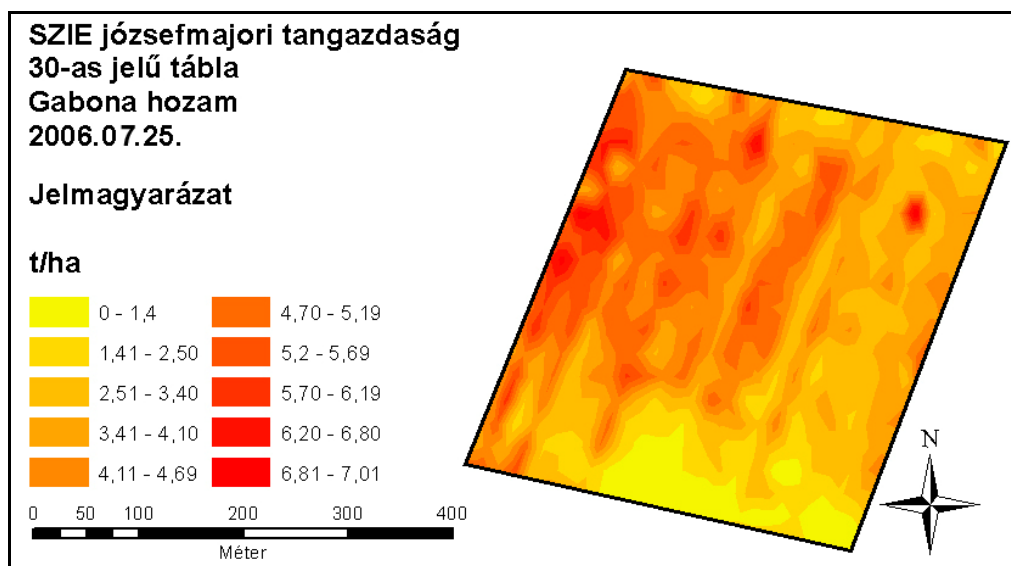
A szántóföldi vizsgálatok során mért talaj nedvességtartalom alapján elkészítettük a mért adatok alapján a terület talajnedvesség tartalmának tematikus térképeit.

A szántóföldi vizsgálatok során a TDR300 berendezéssel térfogatszázalékban, a bolygatatlan mintavevővel vett talajminták alapján, pedig tömegszázalékban határoztuk meg a talajnedvességet. A két értéket külön térképeken ábrázoltuk, mivel a talajszerkezet nagyban befolyásolja az egyes értékeket. Emiatt talajvizsgálati adatok hiányában a két érték összefüggéseit sem vizsgáltuk.

A nedvesség adatok és a talaj elektromos vezetőképesség adatok összehasonlításából jól látható, hogy a mért értékek jól korrelálnak. Ezt már a korábbi mérések is igazolták, azonban a jelenlegi adatok alapján fontos megállapítás, hogy a Veris mérés adatai jobb korrelációt mutatnak a TDR300 berendezéssel mért, térfogatszázalékban megadott talajnedvesség adatokhoz. Ennek oka valószínűleg, hogy a két berendezés mérési elve hasonló, viszont a tömegszázalékban megadott talajnedvesség adatok a talajszerkezet változása miatt eltérnek térfogatszázalékban megadottaktól.

A talaj-elektromos vezetőképessége és a terméshozam közötti összefüggések vizsgálata.

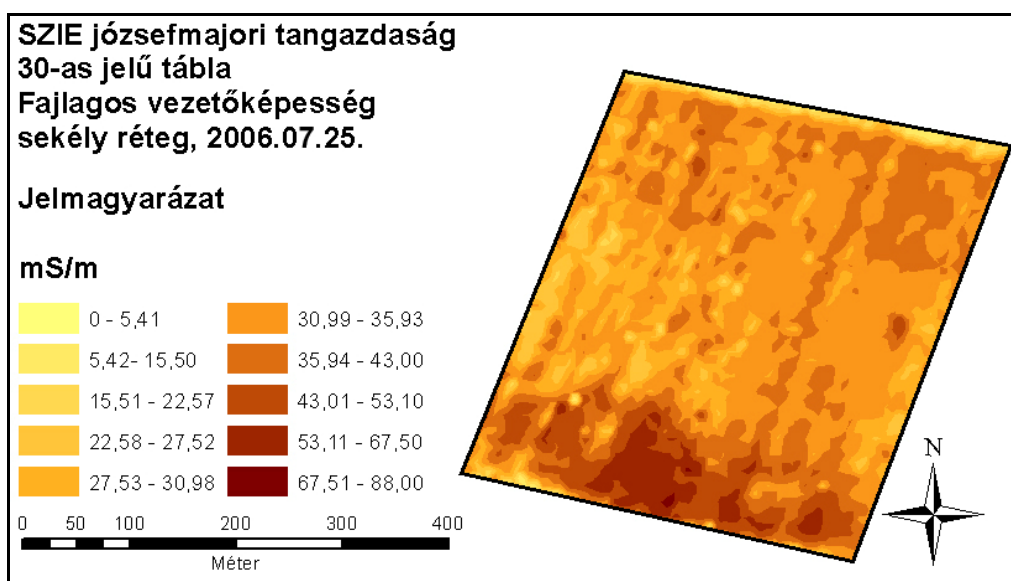
A vizsgálatra kijelölt terület hozamadatait - a jobb összehasonlíthatóság érdekében - külön térképen ábrázoltuk. (4.5.ábra)



4.5.ábra. A vizsgálati terület hozamtérképe

A vizsgálati terület hozamtérképén jól megfigyelhetők a terület jellegzetességeiből adódó változások, mint például az alacsonyabban fekvő láposabb részen tapasztalható hozamcsökkenés. Kimutathatók továbbá a tápanyag utánpótlás hiányosságaira utaló kisebb hozamú sávok is.

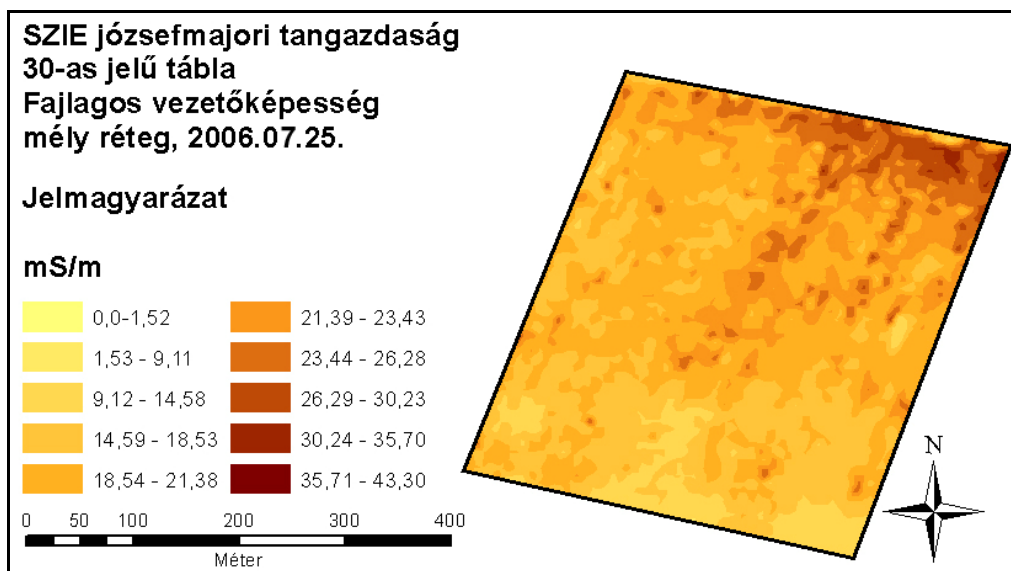
A vizsgálati terület kijelölése után a talaj elektromos vezetőképesség mérésére került sor. A Veris3100 mérőeszköz adatait szintén tematikus térképen ábrázoltuk. A 4.6.ábra mutatja be a talaj sekély (0-30cm-es) rétegében mért elektromos vezetőképesség adatokat.



4.6.ábra A vizsgált terület elektromos vezetőképessége a sekély rétegben

A két térkép összehasonlítása alapján jól látható, hogy az egyes jellemzők jól összefüggnek. Ezt a megállapítást az adatsorok geo-statisztikai analízise is igazolta, valamint megállapítható, hogy a jellemzők fordítottan arányosak, de az összefüggést leíró függvény meghatározásához további vizsgálatok szükségesek.

A vizsgálati terület mély rétegének (0-80cm) elektromos vezetőképesség adatait is ábrázoltuk tematikus térkép formájában. A mért adatokat a 4.7.ábra mutatja be.



4.7.ábra. A vizsgált terület elektromos vezetőképessége a mélyrétegben

A mélyrétegben mért elektromos vezetőképesség, valamint a hozamtérképek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a mért értékek közötti összefüggés nem olyan egyértelmű ugyan, mint a sekély rétegben mért vezetőképesség adatoknál, azonban az összefüggés itt is kimutatható és az előbbihez hasonló módon változó jellegű.

Összességében megállapítható, hogy a talaj elektromos vezetőképessége, valamint az aratáskori hozamtérképezés során felvett adatok között egyértelmű összefüggés mutatható ki.

4.2 A talajfedettség vizsgálata digitális módszerekkel

A szántóföldi mérések során készített digitális felvételeket nem a helyszínen, hanem később laboratóriumi körülmények között elemeztük. A szántóföldi felvételek elkészítésekor megfigyelhető volt az egyes műveletek heterogenitása. Viszonylag nagy különbségeket lehetett megfigyelni a műveleteken belül is, ezért a vizsgálatok kiértékelésénél műveletenként vizuális értékelés alapján kiválasztott öt-öt jellemző felvételt elemeztünk és ezek eredményeinek átlagát tekintettük a műveletre jellemző átlagos fedettségnek.

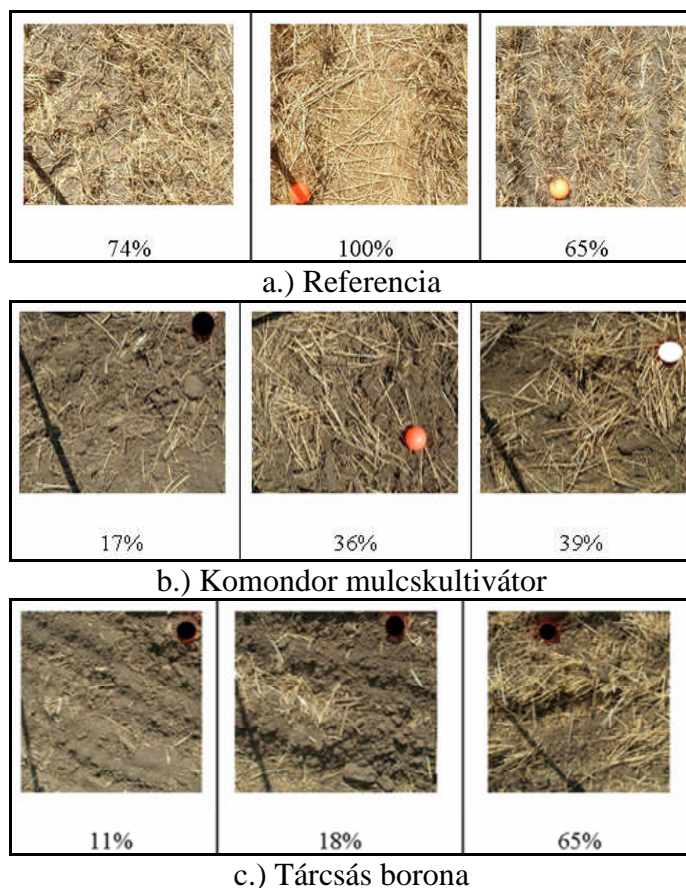
Hántott tarló felszínének vizsgálata

A 2003-as mérés során a Komondor mulcskultivátor és Rába IH tárcsás borona munkáját vizsgáltuk. A művelt területek mellett vizsgáltuk a műveletlen terület fedettségét is. A referencia-fedettséget azért tartottuk fontosnak, mivel így a különböző időpontokban és vizsgálati parcellákon végzett mérések eredményei később összehasonlíthatóvá válnak. A

referencia-fedettség alapján összehasonlítható a különböző művelések származadvány beforgató hatása, ezáltal átfogóbb képet kaphatunk a különböző gépek munkájáról.

Megfigyelhető volt, hogy sem a referencia sem pedig a művelt területek nem tekinthetők homogénnek. Nagyobb számú fénykép alapján megfigyelhető volt, hogy a vizsgálati terület 60-80%-át 5-10%-on belüli eltéréssel azonos fedettség jellemzi. A maradék 20-40% nagyságú területen a fedettség az előzőtől szignifikánsan eltérő mértékű és jóval nagyobb szórású.

A vizsgált felvételek fedettségi értékeit átlagoltuk és az így kapott átlagos fedettségi értékeket alapján megfigyelhető volt, hogy mindkét művelés utáni átlagos fedettség nem éri el az eróziós szempontból optimális 30%-os értéket.



4.8.ábra Hántott tarló felszínének vizsgálati eredményei

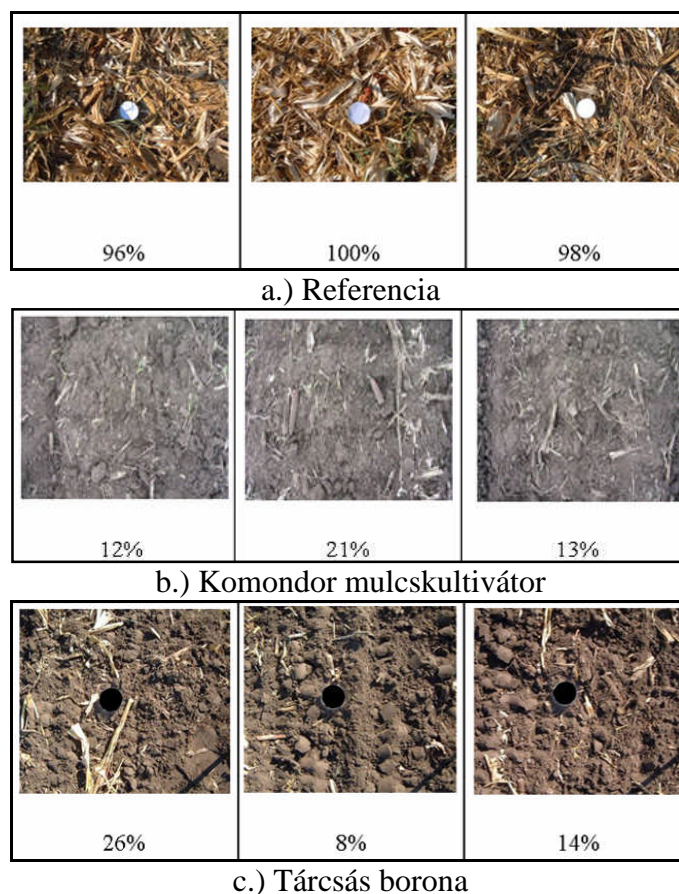
A 2004-es mérésnél a műveletlen terület fedettsége egyenletesebb eloszlást mutatott. Ennek oka, hogy a referencia-terület itt szalmaszecsckával borított gabonatarló volt. A betakarítógép szecsckázó adaptere megfelelő beállítás esetén viszonylag egyenletes fedettséget biztosít. A referencia terület egyenletes fedettsége miatt az egyes műveleteknél is kevésbé tapasztalhatók kiugró értékek, mint az előző mérésnél.

Megfigyelhető volt, hogy a szántott terület fedettsége egy nagyságrenddel kisebb, mint a helyettesítő művelésé, vagyis a társásított területé. Összehasonlítva az előző mérésnél a hagyományos „V”-elrendezésű társás boronával és a kompakt társával művelt terület fedettségét látható, hogy nincs szignifikáns különbség a két eltérő konstrukciójú gép között.

Őszi alapterület felületének vizsgálata

Az őszi alapterület felületének vizsgálata során az elvégzett két mérést együtt elemezzük, mivel a 2003. szeptemberi vizsgálatkor szervezési problémák miatt a Komondor mulcskultivátort nem volt

lehetőségünk Enyingre szállítani. A vizsgálat szempontjából nem kell különválasztani a két időpontot, mivel a két mérés minden paramétere megegyezett.



4.9.ábra Őszi alapművelések felszínének vizsgálati eredményei

A vizsgálat megállapította, hogy a referencia kukoricatarló viszonylag jó homogenitása ellenére a középmedélylazítóval és a tárcsás boronával művelt területeken itt is megfigyelhető az első méréseknél említett jelenség. A középmedélylazító esetében az inhomogenitás oka, hogy ennél a gépnél csak a gerinclemezek vonalában történik effektív művelés. A gerinclemezek között a talajt csak a lazított terület lezárását biztosító hengerborona „műveli”. A tárcsázás esetében a fedettség különbségek kisebbek ugyan mint az első mérésnél, de így is szignifikáns eltéréseket mutatnak a különböző mintafelvételek fedettség értékei. Megfigyelhető, hogy a Komondor mulcskultivátor esetében a fedettség a különböző minták esetében viszonylag egyenletes képet mutat. Az eltérések nem nagyobbak +/-5%-nál. Ennek oka valószínűleg a referencia terület egyenletessége, mivel egyetlen referencia esetében ennek a gépnek a munkája is nagyobb eltéréseket mutatott.

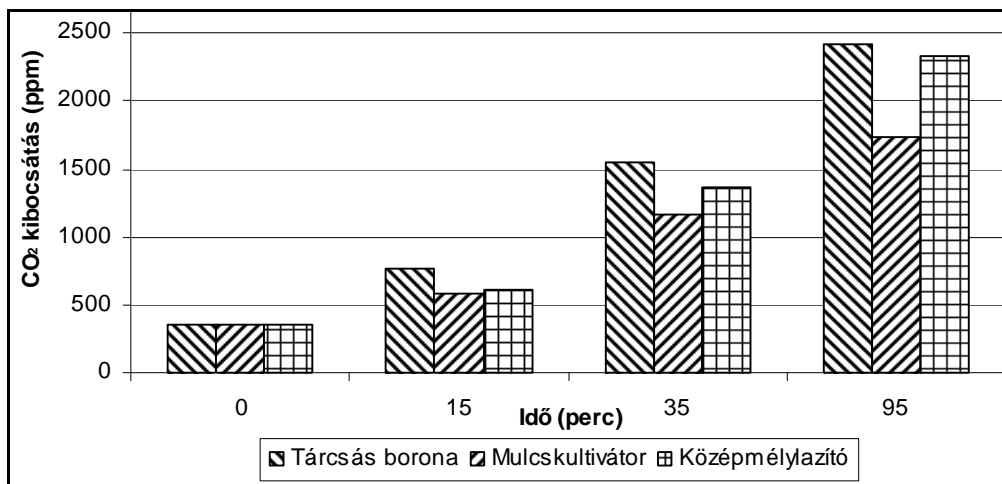
4.3 A talaj CO₂ kibocsátásának vizsgálati eredménye

Az első mérés sorozat eredményei

A méréseket, a művelést közvetlenül követő órákban végeztük vizsgálva azt, hogy kimutatható-e szignifikáns különbség a különféle talajművelési módok között. Az emisszió

kiszámítása a felület és a termelődési idő alapján, a mért gázkoncentráció különbségéből történt.

A méréskor a környezeti hőmérséklet már több napja rendkívül magas, 30 °C körüli volt, ami intenzív talajéletre enged következtetni. A különböző talajművelési eljárások hatását kumulatív ábrázolásban az 4.10.ábra szemlélteti.

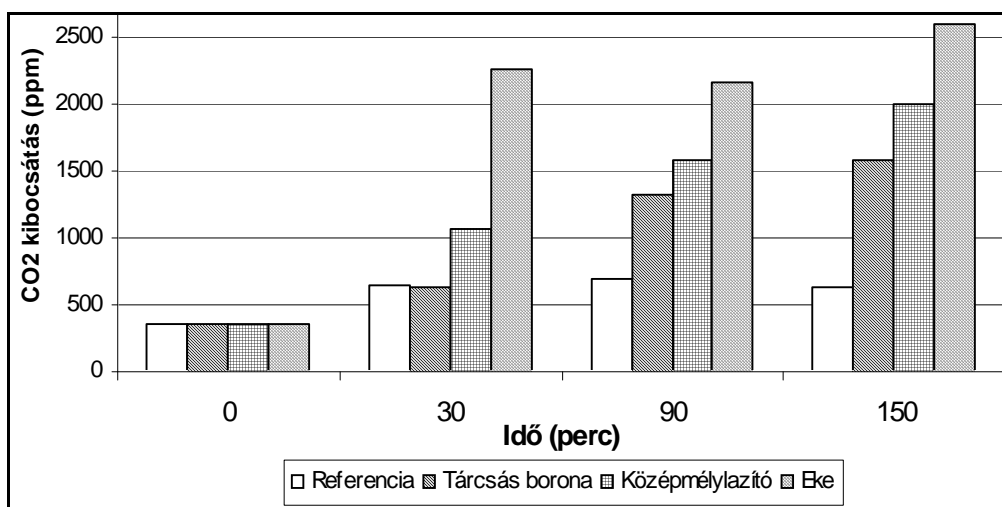


4.10.ábra A tarlóhántás hatása a talaj CO₂ kibocsátására

Az egyes talajművelési módok között emisszió tekintetében különféle sajátosságok fedezhetők fel. A művelést követő percekben pl. a tárcsázásnál volt a legmagasabb érték, de később itt tapasztalható a legalacsonyabb emisszió. A lazító esetében közvetlenül a gerinclemez nyomvonala felett mértünk, természetesen más értékeket kapnánk, ha a teljes fogásszélességre vetítenénk az adatokat.

A második mérés sorozat eredményei

A különböző talajművelési eljárások hatására bekövetkező CO₂ kibocsátás mértékét a TESTO 535 műszerrel félórás intervallumokban 2,5 órás időtartamban mértük. A mellékelt ábrán (4.11.ábrák) bemutatjuk az egyes gépcsoportok felszíni munkáját valamint az akkumulált gáz mennyiségét.



4.11. ábra Az alapművelés hatása a talaj CO₂ kibocsátására

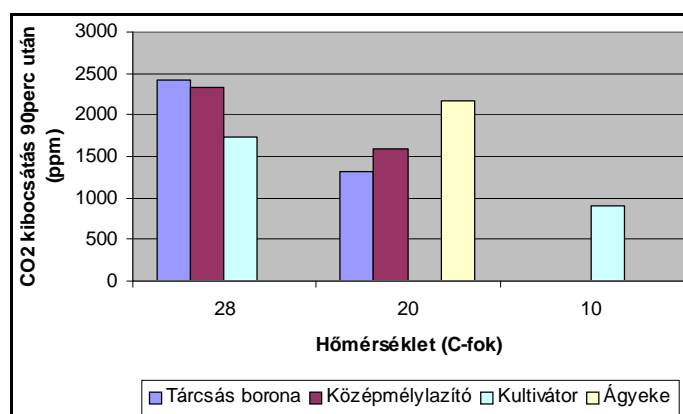
Az átlag értékek jól szemléltetik az egyes műveletek hatása közötti különbséget. Egyértelműen megállapítható, hogy az emisszió mértéke arányos a művelés intenzitásával, vagyis e szempontból a szántás a legveszélyesebb eljárás. Az ábrákon a középmedélylazító átlag értéke szerepel, de tudni kell, hogy a gerinclemez nyomában az emisszió értéke meghaladja a szántását.

A CO₂ kibocsátás időbeni folyamatát elemezve az látható, hogy a tárcsás és a lazításos művelés után az emisszió folyamatosan növekszik, míg a szántást követően azonnal intenzív gáz kibocsátás jelentkezik, de ennek mértéke az idő múlásával lényegében nem változik.

A harmadik mérés sorozat eredményei.

A méréseket 20 ill. 35 perces intervallumokban a TESTO535 műszerrel hajtottuk végre. A gáz kibocsátás az alacsony hőmérséklet miatt nem volt intenzív, ezért a mintavételt egy óra elteltével befejeztük.

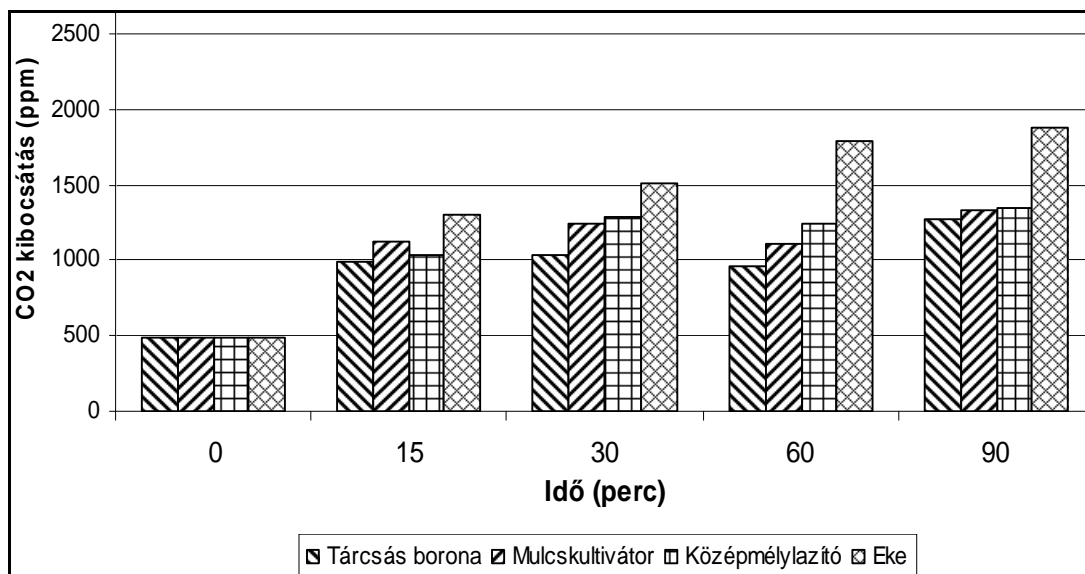
Az előzőekben bemutattuk a különböző műveletek hatását, ill. a CO₂ kibocsátás mértékének változását az idő függvényében. A 4.12.ábrán a levegő hőmérsékletének hatását szemléltetjük. Az objektív összevetéshez szükséges azonos összeállítású mérésre, s ennek alapján az azonos gépcsoportok hatásának elemzésére mindhárom hőmérséklet tartományban -szervezési okok miatt- sajnos nem volt lehetőségünk. Az első-második ill. az első-harmadik csoport közös gépeinek eredményei azonban megfelelően szemléltetik a hőmérséklet befolyásoló szerepét.



4.12.ábra: A CO₂ kibocsátás változása a levegő hőmérséklet függvényében

Az negyedik mérés sorozat eredményei.

A különböző őszi alpművelés után tavasszal végzett magágykészítés hatását a 4.13.ábra szemlélteti. A kétórás időtartam alatti változásokat elemezve megállapítható, hogy a különböző alpművelések hosszú-távú hatásában lényeges különbségek nem alakultak ki. A sekély magágykészítés általi felszín-bolygatás hatását meghaladó mértékű CO₂ kibocsátás tulajdonképpen csak az őszi felszántott parcellán volt tapasztalható.



4.13.ábra : A CO₂ emisszió magágyelőkészítés után különböző őszi alpművelésű területeken

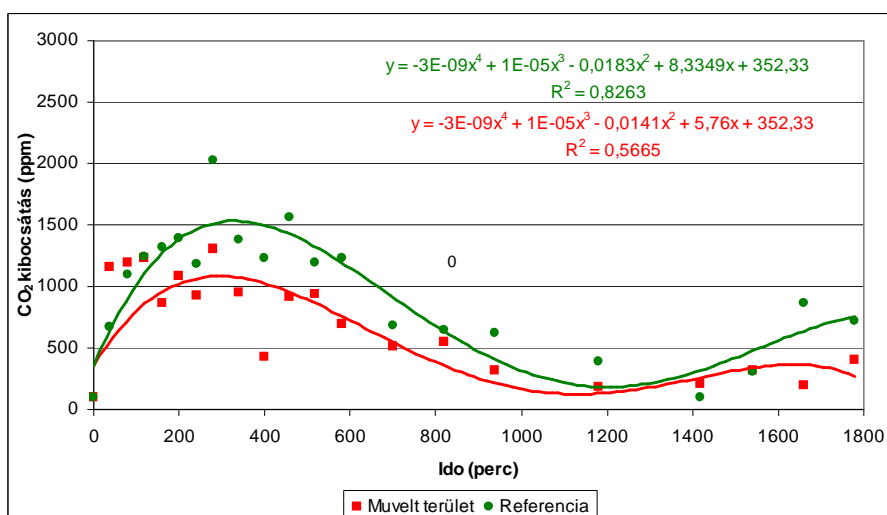
Az ötödik mérés sorozat eredményei

Az eddigi mérések során a különböző talajművelési eljárások rövid időtartamú hatását vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a különböző eszközök műveleti intenzitása jól korrelál a műveletek utáni közvetlen CO₂ kibocsátással. Nyitott kérdés maradt viszont, hogy az egyes munkaműveletek utáni emisszió intenzitása milyen mértékben változik hosszabb idő elteltével. Feltételezhető volt, hogy a kibocsátás összefüggésben van a talaj és környezeti hőmérséklettel, vagyis a nap- és évszakok változásával, valamint, hogy a kibocsátás hosszabb idő elteltével a referenciaterület értékeihez közeli szintre áll be.

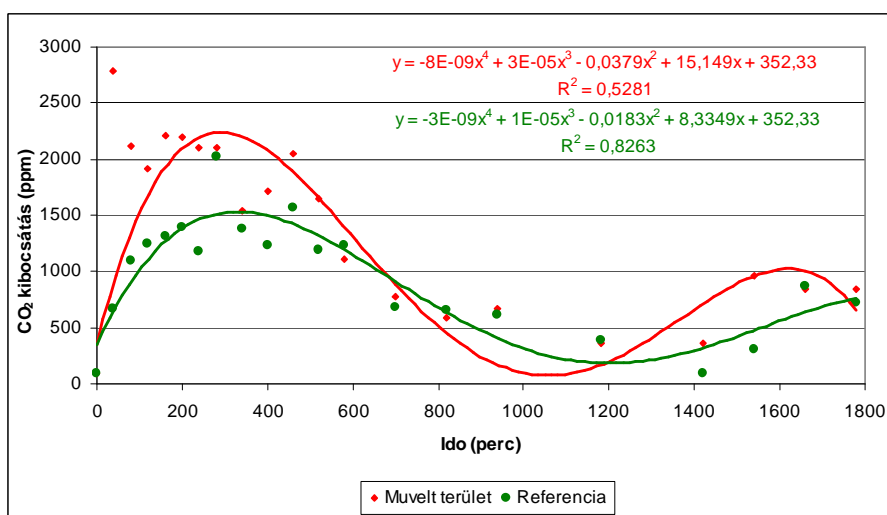
Korábbi tapasztalatok alapján feltételezhető volt az is, hogy az eddig alkalmazott módszer, amely során a mérőedényeket a méréssorozat végéig nem ürítettük, az esetleges telítődés miatt nem alkalmas a hosszú időtartamú mérések elvégzésére. Ezért a mérések megkezdése előtt az ürítéses és a kumulált mintavételi módszereket összehasonlítottuk. Az eredmények a feltételezéseket igazolták, vagyis bebizonyosodott, hogy a kumulált mérési módszer – a körülményektől függően – 2-4 órás időtartamú vizsgálatokra alkalmas csupán. Minden méréssorozat közben mértük a környezeti levegő CO₂ szintjét, valamint a talaj- és levegőhőmérsékletet is. Ez alapján pontosan nyomon követhető a mérések közti kibocsátás, másrészt megvizsgálható, hogy a talaj- és léghőmérséklet illetve a CO₂ kibocsátás milyen összefüggésben vannak egymással.

Mivel két műszerrel dolgoztunk, elvégeztük a műszerek összehasonlító kalibrációját. Ez alapján megállapítható, hogy a műszerek eltérése egymáshoz képest a gyárilag megadott +/- 5%-os hibahatáron belül marad. Ügyeltünk továbbá arra, hogy mindegyik műszerrel, minden ismétlésnél ugyanazokat a mintavevő edényeket vizsgáljuk.

A mérések eredményeit, vagyis a kibocsátott gáz mennyiségének változását az idő függvényében ábrázolva az 4.14-4.15.ábrákon mutatjuk be.



4.14.ábra A CO₂ kibocsátás időbeni változása hántott gabonatarlón



4.15.ábra A CO₂ kibocsátás időbeni változása szántott gabonatarlón

Az adatok elemzése alapján megállapítható, hogy a műveletek lezárása a CO₂ kibocsátás csökkentése miatt is szükséges. A megfelelő felszíni elmunkáló(lezáró)eszközzel (esetünkben gumihengerrel) felszerelt tárcsás boronával művelt területen ugyanis a gázemisszió a mérések 80 százalékában a műveletlen referencia terület kibocsátása alatt maradt.

A változás trendjének meghatározásához szükség van a talajhőmérséklet és a CO₂ kibocsátás kapcsolatának vizsgálatára is. A két változó közötti kapcsolat meghatározása után ugyanis a talajhőmérsékleti adatok ismeretében a kibocsátás mértéke számolható.

4.4. A traktor-munkagép kommunikációs rendszerrel kapcsolatos eredmények

A német DLG vizsgáló állomás különböző gyártók ISOBUS kompatibilis rendszereinek tesztelését végezte. A szabvány lehetséges hiányosságaira már az első üzembe helyezés során fény derült. A felhasználónak csak minimálisan kell értenie a rendszerhez ezért elvárható, hogy az összekapcsolást követően a munkagép azonnal működtethető legyen. A DLG vizsgálta a piacon kapható ISOBUS kompatibilis gépeket ebből a szempontból is. De a tapasztalatok azt mutatták, hogy 2003-ban még egyetlen gyártó sem tudta alkalmazni teljesen a szabvány által előírt minden követelményt. Ez nem azt jelenti, hogy a terminálok nem működnek, hanem csak annyit hogy az eddig elkészült rendszerek csak a minimum szükséges funkcionalitást valósítják meg. Ezek a rendszerek 90-95%-ban már teljesítik az ISOBUS szabvány elvárásait, de akkor, amikor a különböző gyártók gépeinek kell egymással kommunikálnia, esetleg előfordulhatnak értelmezési zavarok. Emiatt 2003-ban még egyetlen gyártó terminálja sem kapta meg az "ISOBUS konform" minősítést.

A DLG megvizsgálta külön a traktor- és munkagép vezérlőegységeket is, amelyek közül csak a John Deere traktorok 6000-es és 7000-es szériáiban alkalmazott traktor vezérlőegységek, valamint a Müller Elektronik által vegyszerezőgépekhez gyártott vezérlőegység felelt meg a teszt követelményeinek.

Jelenleg már több cég és gyártmány rendelkezik ISOBUS konform minősítéssel: AGCO Corp. (GTA Datatronic, Fendt 900 vario, Deere&Company (Green Star Display, 8000-es traktor széria), AGROCOM GmbH Terminal, Pöttinger GmbH (vetőgép, felszedő rakodó pótkocsi), CLAAS GmbH (rendsodró, bálázó, bálacsomagoló), CNH Ltd. (Terminál, nagybálázó), Grimme GmbH Display, Krone GmbH nagybálázók, Kverneland Group (Display, Accord vetőgépek, Vicon bálázó, Rau permetező), Lemken GmbH Solitair vetőgép, Müller-Elektronik GmbH (Terminal, Jobcomputer), Sauer-Danfoss AB Display, Wachendorff Elektronik GmbH Terminal, WTK –Elektronik GmbH (Terminal, Jobcomputer). Sajnálatos módon a felsoroltak között nem található talajművelőgép.

A Pöttinger SERVOMATIC váltvaforgató ekével viszont már megvalósítható az „elektronikus szántás”. Megfelelő fedélzeti számítógépes rendszerrel ellátott traktor (pl. FENDT) esetén a vezető a traktor fülkéből elektronikus úton szabályozhatja:

- az első eketest fogásszélességét
- az eketestek fogásszélességét
- az eke „vonó pontjának” helyét
- az eke átfordítását
- a főtartó szögét
- az eketestek biztosító berendezését
- a munkamélységet és
- a szállítási szélességet.



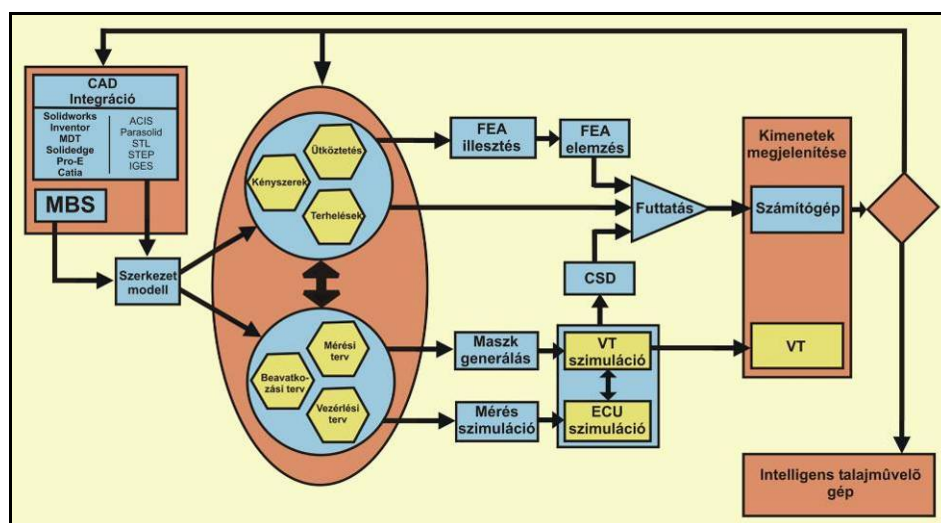
4.16. ábra Pöttinger Intelligent SERVO eke és működési kijelző

A LEMKEN Vari-Titan és Euro Titan ekékhez kifejlesztett berendezés két ultraszonikus szenzor segítségével méri az eke gerendely és a barázda fal közötti távolságot (4.17.ábra). Az információkat fedezeti számítógép dolgozza fel és szükség esetén automatikusan aktiválja az elektro-hidraulikus szabályozó berendezéseket. Az eke helyzetéről grafikus és akusztikus kijelző tájékoztatja a traktorvezetőt.



4.17.ábra A LEMKEN által kifejlesztett ultrahangos barázdafal követő berendezés

Kutatásunk során kifejlesztettünk egy rendszert, amely a hagyományos CAD, FEA, CSD rendszerek összekapcsolásával alkalmas intelligens munkagépek tervezése során, különböző munkaparaméterek segítségével a munkavégzés szimulációjára.



4.18.ábra. Intelligens munkagép tervezés algoritmus

A tervezési folyamat során az első lépés a CAD rendszerek által nyújtott modellépítési folyamat, ami kiegészíthető az Multi Body System (MBS) rendszer modellezési lehetőségeivel. A következő lépcső a modellek összekapcsolása kényszerekkel, amelyet a terhelések megadása követ az anyagtörvények figyelembevételével. Ez a fázis a „Move it”. Amely tulajdonképpen egy fizikai alapú dinamikai szimuláció (physics-based dynamic simulation), ami kiegészíthető egy végelelemes analízissel (FEA), amit már „Break it” szakasznak nevezünk. Ebben a pontban kapcsoljuk össze az ISOBUS által szolgáltatott adatokat a szimulációs folyamattal. A kapocs egy CSD rendszer lehet (pl. Matlab SIMULINK.)

Az eredményeket a futtatás után különböző módon jeleníthetjük meg. A tervező monitorán vagy a folyamatot szimulálva a létrehozott maszkon. A megjelenített eredmények vizsgálata, módosítása után visszacsatolhatunk és módosíthatunk a CAD modellen, a kényszereken, kötöttségeken, és az ISOBUS bekapcsolásával lehetőség nyílik a vezérlő rendszeren történő változtatások végrehajtására is.

Így a tervezési folyamatban felhasználtuk a CAD, az MBS és a FEA rendszerek által nyújtott szimulációs lehetőségeket, amit kiegészítettünk a CSD rendszerek felhasználásával a traktor illetve munkagép munkaparamétereivel. Ezzel kidolgoztunk egy módszert, amely alkalmas egy új, intelligens talajművelő gép konstrukció kifejlesztésére.

5. Következtetések

5.1. Digitális talajellenállás-térkép készítés

A vizsgálatok eredményei és tapasztalatai alapján a következő megállapítások tehetők:

- A talaj elektromos vezetőképesség és a talaj fizikai jellemzők kapcsolatának meghatározásához a mérési módszerek fejlesztésre szorulnak. A továbbiakban szükség van nagyobb számú mérésre az összefüggések feltárásához.
- További vizsgálatok szükségesek a talaj elektromos vezetőképesség és a vontatási ellenállás összefüggéseinek feltárására. A további vizsgálatok során figyelembe kell venni a talaj egyéb fizikai és kémiai paramétereit is.
- Szükség van egy olyan eljárás kidolgozására, amellyel a penetrációs mérés eredményei három tengely mentén ábrázolhatóak és megfelelően bemutathatóak.
- A vontatási ellenállás és a penetrációs ellenállás között, a mérési eredmények alapján, szoros összefüggést nem találtunk. A lehetséges összefüggések meghatározására további mérések szükségesek.
- A mérések alapján megállapítható, hogy szükséges a nagyszámú mintavételt lehetővé tevő penetrációs ellenállás és talaj nedvességtartalom mérési eljárás kidolgozása a kvázi folyamatos mérési eljárásokkal való összehasonlíthatóság pontosítása miatt.
- Összefüggés mutatható ki a penetrációs ellenállás és a talaj elektromos vezetőképesség között. További vizsgálatok szükségesek a pontos összefüggések feltárásához.

- A mért adatok elemzése alapján megállapítható, hogy az elektromos vezetőképesség szoros összefüggésben van a talaj térfogatszázalékban mért nedvességtartalmával, míg a tömegszázalékban meghatározott nedvességtartalommal kevésbé függ össze.
- A talaj elektromos vezetőképesség és a talajállapot összefüggései előreláthatóan léteznek. A téma további kutatása szükséges.
- a talaj elektromos vezetőképessége, valamint az aratáskori hozamtérképezés során felvett adatok között egyértelmű összefüggés mutatható ki.

5.2. A talajfedettség vizsgálata digitális módszerekkel

A vizsgálatok eredményei és tapasztalatai alapján a következő megállapítások tehetők:

- A talaj felszínén található növényi maradványok elemzésére kifejlesztett digitális módszer alkalmas megfelelő paraméterezés mellett a növényi maradványok százalékos mértékének meghatározására.
- A módszer jól alkalmazható a különböző művelések digitális, vagy digitalizált analóg fényképfelvételei alapján a munkaminőség utólagos meghatározására.
- Szükség van további kutatásokra, amelyek alapján a módszer alkalmassá tehető a szántóföldi körülmények között valósidejű működésre. Ehhez szükséges a kidolgozott algoritmus továbbfejlesztése, az önkalibrációs eljárás kidolgozása.
- Az átlagos fedettség pontos meghatározásához művelésenként legalább 4-8 véletlenszerű mintavételi helyen készített felvétel készítésére van szükség a területek inhomogenitásának figyelembe vételéhez.
- A növényi maradványok talajfedése szempontjából a műveletek sorrendje gabonatarlón: szántás, kultivátorozás, tárcsázás; kukoricatarlón: szántás, tárcsázás, kultivátorozás, középmezőlylázítás.

5.3. A talajművelés és a CO₂ kibocsátás összefüggései

A vizsgálatok eredményei és tapasztalatai alapján a következő megállapítások tehetők:

- A CO₂ méréshez használt módszerek és eszközök még további fejlesztésre szorulnak annak érdekében, hogy ne csak a relatív eredmények (az egyes eljárások összehasonlítása), hanem az abszolút értékek is pontosak és megbízhatóak legyenek,
- Az ürítés nélküli, kumulált mérési eljárással csak relatív eredmények kaphatók. A módszer a különböző művelési eljárások összehasonlítására alkalmas, de hosszú időtartamú mérésre nem alkalmazható.
- A valós viszonyokat leginkább közelítő vizsgálatok lefolytatásához. a mintavevő edények mérésenkénti ürítése szükséges, ily módon a hosszú időtartamú vizsgálatok is lefolytathatók.
- Az időjárási körülmények, elsősorban a hőmérséklet lényegesen befolyásolják a talaj CO₂ kibocsátását. Az intenzitásfüggvény változásai viszonylag jól követik a napszakváltásból adódó talajhőmérséklet változást. Ha viszont a hőmérséklet 10°C alá süllyed az eltérő műveletek emissziós értékei között nincs lényeges különbség,
- A talajművelés intenzitása és a szén-dioxid kibocsátás között közvetlen összefüggés figyelhető meg: minél nagyobb a pórustérfogaton belül a levegőfázis

aránya és mélyebben lazított a talaj, annál élénkebb a mikrobiológiai tevékenység, amely a szén-dioxid emisszió fokozódásában nyilvánul meg,

- A CO₂ emisszió nagyságának szempontjából a talajművelési eljárások sorrendje: szántás, középmély-lazítás, kultivátorozás, tárcsázás,
- A CO₂ emisszió időbeni lefolyásának jellege a talajművelési eljárástól függetlenül alakul. A beavatkozást követő 10óra időtartamú megfigyelés során a nettó emisszió (a művelési emisszió és a természetes emisszió különbsége) alakulása $y = -a \ln x + b$ függvény szerinti. Az együtthatók értékei: szántásnál $a=608,2$ illetve $b=5141,5$; tárcsázásnál (lezáró gumihengerrel ellátva) $a=307,3$ illetve $b=2588,1$.
- A különböző művelési eljárások kibocsátás intenzitási sorrendje a rövid és hosszú időtartamú méréseknél nem változik
- Az előzőekből következik, hogy olyan eljárásokat és eszközöket célszerű használni, amelyek csak a szükséges mélységben dolgoznak és a talaj felszínén mulcs -réteget alakítanak ki,
- A talaj nedvesség-vesztésének megelőzéséhez hasonlóan a talaj CO₂ kibocsátásának csökkentése érdekében is szükséges a művelések megfelelő lezárása, mert anélkül —hosszabb idő alatt— a műveletlen talaj által kibocsátott gáz mennyisége és a kibocsátás intenzitása is meghaladja a művelt területekét.
- Az egységnyi felületről a légkörbe kerülő CO₂ mennyisége abszolút értékben ugyan nem sok, de mivel hazánk szántóterülete 4,7 millió hektár kiterjedésű, ezért a talajvédő és kímélő művelés az üvegházhatású gázok (elsősorban szén-dioxid) csökkentése révén globális méretekben nemcsak a termőföld, hanem a környezet védelmét is szolgálhatja

5.4.Traktor-munkagép kommunikációs rendszer

Az ISOBUS fejlődése tehát lassan, de biztosan halad előre. Egy ilyen komplex rendszert csak jól átgondolt módon lehet bevezetni. A szabványosítók mindent megtesznek annak érdekében, hogy ne legyenek hiányosságok, félreértelmezhető irányelvek, amelyek később kompatibilitási problémákhoz vezetnek. Természetesen, mint mindig a gyakorlat fogja megmutatni és részben már meg is mutatta, hogy ez mennyire sikerült.

Budapest, 2007.02.28